

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Hodnocení síly vybraných svalových skupin a rozsahu pohybu
u závodnic sportovního aerobiku**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:
PhDr. Lenka Satrapová, Ph.D.

Vypracoval:
Bc. Markéta Sílová

Praha 2019

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu, a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení: Fakulta/katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí své práce PhDr. Lence Satrapové, Ph.D., za její ochotu, cenné rady, připomínky a trpělivost během celého procesu tvoření diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Kristině Hassmannové, Mgr. Davidovi Bujnovskému, Mgr. Janu Malečkovi a Mgr. Danovi Omcirkovi za pomoc a odborný dohled při výzkumném měření. Děkuji také všem probandům ze sportovního klubu Aerobic Team Praha, kteří se výzkumu účastnili, a neposlední řadě také trenérce Mgr. Veronice Buriš za její spolupráci.

Kromě osob, které přímo asistovaly při tvorbě této diplomové práce, bych velmi ráda poděkovala své rodině a svému příteli za jejich psychickou i finanční podporu během celého mého dosavadního studia.

Abstrakt

Název práce: Hodnocení síly vybraných svalových skupin a rozsahu pohybu u závodnic sportovního aerobiku

Vymezení problému: Sportovní aerobik spadající do kategorie sportovní gymnastika přináší zvýšené nároky zejména na kloubní pohyblivost, svalovou sílu a pohybovou koordinaci. Dle těchto parametrů jsou vybíráni závodníci, kteří mají pro daný sport předpoklady, a rozvoj těchto předpokladů je tréninkem ještě podpořen. Práce se zabývá fyzickým měřením těchto vlastností.

Cíl práce: Hodnocení kloubní pohyblivosti a svalové síly svěrenek ve věku 12–16 let, které se věnují sportovnímu aerobiku, a zjištění jejich korelací. Dále pak srovnání společně s úrovní výkonnostní skupiny.

Metoda řešení: Měření kloubní pohyblivosti pomocí goniometru, hodnocení hypermobility dle Beightonova skóre, měření svalové síly pomocí isokinetického dynamometru HUMAC, srovnání naměřených výsledků s úrovní výkonnostní skupiny.

Výsledky: Při měření kloubního rozsahu pomocí goniometru bylo zjištěno, že u flexe v kyčelním kloubu má 100 % probandek rozsah zvýšený, u extenze kyčle nebyl rozsah zvýšený ani u jedné z probandek. Z hodnocení Beightonova skóre byla konstituční hypermobilita zjištěna u 90 % probandek. Vztah kloubního rozsahu a hodnot svalové síly – točivého momentu nebyl prokázán.

Klíčová slova: gymnastické sporty, sportovní aerobik, hypermobilita, svalová síla, isokinetický dynamometr, HUMAC NORM CYBEX

Abstract

Title: Evaluation of the strength of selected muscle groups and the range of motion in sport aerobics athletes

Objective: Sport aerobics belongs to group of sport gymnastics, which brings increased demands especially on joint mobility, muscle strength and coordination of movement. Athletes are selected according to these prerequisites the development of which is still supported by training. The thesis follow up the physical measurement of these attributes.

The Aim: Evaluation of joint mobility and muscle strength of 12–16 year old sport aerobic athletes and their correlations. Furthermore, the comparison together with the level of the performance group.

Method: Measurement of joint mobility using goniometry, hypermobility evaluation using Beighton score, measurement of the muscle strength using HUMAC isokinetic dynamometer. Comparison of measured results with performance group level.

Results: During measurement of the joint range using the method goniometry was found, that in flexion of the hip joint had 100 % of the athletes increased joint motion. In hip extension, the joint range wasn't increased at all. Beighton score showed, that 90 % of athletes were constitutionally hypermobile. The relationship between joint range and the values of the muscle strength – peak torque has not been proven.

Key words: gymnastics, sport aerobics, hypermobility, muscle strength, isokinetic dynamometer, HUMAC NORM CYBEX

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1 ÚVOD	11
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	12
2.1 Vývoj dítěte	12
2.1.1 Prenatální období	12
2.1.2 Novorozenecké, kojenecké a batolecí období	13
2.1.3 Předškolní věk	14
2.1.4 Mladší školní věk	15
2.2 Starší školní věk	16
2.2.1 Pohybový systém	16
2.2.1.1 Podpůrná složka – kosti, klouby, vazy	16
2.2.1.2 Silová složka – kosterní svaly	20
2.2.1.3 Řídící složka – nervový aparát	21
2.2.1.4 Logistická složka – metabolismus	21
2.2.2 Kloubní pohyblivost a svalová síla	21
2.2.2.1 Hypermobilita	23
2.2.2.2 Vztah mezi kloubní pohyblivostí a svalovou silou	25
2.2.2.3 Metody používané k měření kloubního rozsahu	26
2.2.2.4 Přístroje používané k měření parametrů aktivního pohybu	26
2.2.3 Vývoj tělesné zdatnosti a výkonnosti dětí	27
2.2.4 Zásady výběru sportu v dětském věku	28
2.3 Gymnastické sporty	28
2.3.1 Předpoklady pro výběr závodníka	29
2.3.2 Základní pohybové schopnosti	30
2.3.2.1 Obratnost	30
2.3.2.2 Rychlost	30
2.3.2.3 Síla	31
2.3.2.4 Vytrvalost	31
2.3.2.5 Pohyblivost	32
2.3.3 Charakteristika pohybu sportovního aerobiku	32
2.3.4 Svalové dysbalance typické pro gymnastické sporty	36
3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY	38
3.1 Cíle práce	38

3.2	Úkoly práce	38
3.3	Výzkumné otázky	38
3.4	Hypotézy	39
4	METODIKA PRÁCE	40
4.1	Metodický postup u teoretické části práce	40
4.2	Popis výzkumného souboru	40
4.3	Použité metody a sběr dat	41
4.3.1	Metody pro měření kloubní pohyblivosti	41
4.3.1.1	Goniometrie	41
4.3.1.2	Beightonovo skóre	43
4.3.2	Metody pro měření svalové síly – dynamometr HUMAC NORM	44
4.3.3	Subjektivní hodnocení trenéra	47
4.4	Analýza dat	47
4.5	Vymezení výsledků výzkumu	47
4.6	Omezení výsledků výzkumu	47
5	VÝSLEDKY	48
5.1	Výsledky jednotlivých probandů	48
5.2	Výsledky měření kloubního rozsahu	53
5.3	Výsledky – Beightonovo skóre	53
5.4	Výsledky měření parametrů svalové síly	54
5.5	Výsledky – úhel při největším točivém momentu	58
5.6	Vztah naměřených hodnot se subjektivním hodnocením trenéra	59
5.7	Vztah mezi parametry svalové síly a kloubním rozsahem	60
5.8	Vztah mezi parametry svalové síly a úhlovou rychlostí	61
5.9	Poměr zapojení flexorů a extenzorů vzhledem k úhlové rychlosti	62
6	DISKUSE	65
6.1	Diskuse k jednotlivým hypotézám	65
6.2	Diskuse k jednotlivým probandům	71
6.3	Diskuse k využití výsledků v praxi fyzioterapeuta	72
6.4	Diskuse k využití výsledků v tréninku	73
6.5	Diskuse k použitým metodám	75
7	ZÁVĚR	76
8	SEZNAM LITERATURY	78
9	PŘÍLOHY	84
	Příloha č. 1 – Etická komise	84

Příloha č. 2 – Informovaný souhlas	84
Příloha č. 3 – Seznam tabulek	84
Příloha č. 4 – Seznam grafů	85
Příloha č. 5 – Seznam obrázků	85

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%BW – procenta tělesné váhy

b. – bod

CNS – centrální nervová soustava

CSMI – Computer Sports Medicine International

DK – dolní končetina

DKK – dolní končetiny

EXT – extensory

FG – fast glycolytic fibers

FLX – flexory

FOG – fast oxidative glycolytic fibers

FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu

HK – horní končetina

HKK – horní končetiny

LMD – lehká mozková dysfunkce

m. – musculus

MP – metacarpophalangeální

N.m – newton metr

Obr. – obrázek

PNF – proprioceptivní neuromuskulární facilitace, Kabatova metoda

RM – one repetition maximum

SFTR – roviny sagitální, frontální, transversální, rotace

SO – slow oxidative fibers

Tab. – tabulka

UK – Univerzita Karlova

VO₂ max – maximální spotřeba kyslíku

ω – úhlová rychlost

1 ÚVOD

Toto téma diplomové práce jsem zvolila z několika důvodů. Téma sportovní aerobik je mi blízký, jelikož jsem několik let působila jako závodnice a později i jako trenérka věkového rozmezí 6 až 17 let. Součástí každého sportu je touha po vyšší výkonnosti, po větší síle, překračování vlastních psychických i fyzických hranic, touha po lepších výsledcích. To je na sportu to krásné, bohužel nezřídka se stává, že opravdu hranice překročíme a dochází ke zvýšenému opotřebenému pohybového aparátu nebo i třeba ke zraněním, kvůli kterým je naše výkonnost ve výsledku nižší, pokud nejsme nuceni s vrcholovým sportem skončit úplně.

Sportovní aerobik je fyzicky náročný sport, spadající do kategorie gymnastické sporty. Rodiče volí tento sport buď již v raném, nebo v mladším školním věku. V raném školním věku dochází dítě do tzv. přípravy, kde jsou všeobecně rozvíjeny jeho schopnosti, a později přechází na intenzivnější trénink v závislosti na jeho předpokladech a již zvládnutých dovednostech. Tento přechod ale může být v aerobiku aplikován velmi brzy a raná specializace se může stát z dlouhodobého hlediska velkým problémem. Chtěla bych však podotknout, že se tento fakt stává obecně známějším a jsou podnikána opatření, která mají ranou specializaci alespoň zmírnit. Ať už jde o opatření ze strany Českého svazu aerobiku a fitness o rozdělení do věkových kategorií, kdy mají mladší děti omezený výběr cvičebních prvků, nebo v posledních několika letech také o rozdělení do výkonnostních kategorií, anebo o opatření trenérů, kteří více dbají na všeobecnou přípravu svých svěřenců, kompenzační složku tréninků a vzdělávání. I když se snad postupně upustilo od některých praktik, jako například posilování s náčiním u mladších věkových skupin, kloubní pohyblivost je již u dětí v kategorii příprava podporována, jakožto nedílná součást gymnastických sportů.

Gymnastické sporty, jako každý jiný sport, mají svá specifika, požadavky na pohybový aparát, a tím pádem provádění jakéhokoliv sportu na něj má dlouhodobý dopad. Nám se tedy nabízí otázka, jaká specifika pro gymnastiku existují, jaká rizika přináší tento sport, jak vypadají závodnice gymnastických sportů? Zaměříme se tedy na toto téma a podrobněji budeme zjišťovat informace o pohybovém aparátu ve smyslu laxicity a parametrů svalové síly.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Vývoj dítěte

Vývoj dítěte je definován jako interdisciplinární přístup k jeho studiu, vycházející z věd jako jsou biologie, fyziologie, embryologie, pediatrie, sociologie, antropologie a psychologie. Vývoj lze rozdělit do několika kategorií: fyzický růst, motorický vývoj, rozumový vývoj a sociální vývoj. Pro účely této práce se budu zabývat především růstem a motorickým vývojem. Je ovšem nutné podotknout, že nikdy není možné vyjmout pouze jednu kategorii, a to z toho důvodu, že se všechny kategorie navzájem významně ovlivňují. [25, 48]

2.1.1 Prenatální období

Za prenatální období je považován moment od oplození vajíčka, pokračuje intrauterinním vývojem a končí porodem. Toto období rozdělujeme do dvou částí – první částí je embryonální perioda, která trvá přibližně 8 týdnů. Dochází k diferenciaci vajíčka a k tvorbě hrubých anatomických struktur. Druhá část se nazývá fetální perioda, během níž dochází k organogenezi a vyznačuje se rychlým růstem plodu. Od 24. týdne těhotenství je plod schopen života mimo dělohu. Délka těhotenství by měla trvat 10 lunárních měsíců (9 kalendářních), tedy 40 týdnů. [48]

Embryo, později plod, jsou velmi citlivé na okolní změny, je tedy důležité pro budoucí matku, aby rizika je ovlivňující co možná nejvíce zmírnila. Řadíme sem vlivy chemické (teratogeny – návykové látky, léky apod.), nebo mechanické (nevhodné polohy, působení vnějších sil). Z oblasti sportu je nutné vyvarovat se sportů kontaktních, obecně doskoků, silových sportů, dlouhého setrvávání v polohách např. s větší flexí v kyčelních kloubech (jízda na kole). Také pobyt ve vysokohorském prostředí může znamenat pro plod riziko asfyxie. Na druhou stranu taktéž nedostatečná pohybová aktivita není pro plod vhodná. Je tedy doporučováno provádět cvičení vhodné pro těhotné. [36]

2.1.2 Novorozenecké, kojenecké a batolecí období

Prvních 28 dní života označujeme jako novorozenecké, v tomto období dochází především k adaptaci z vodního na vzdušné prostředí. Postura, anatomie kloubů a kostí jsou ještě nezralé. Páteř ještě není lordotizována, chybí kolodiazfyzární a torzní úhel femuru, hrudník je soudkovitý a širší v předozadním směru oproti laterolaterálnímu, pata má vysoké postavení, jelikož se calcaneus neposunul pod hallux. Centrální nervový systém je v tomto období ještě nevyzrálý a bude zrát dalších pět až šest let. [34]

Od konce novorozeneckého období do věku jednoho roku hovoříme o kojeneckém období. Jedná se o nejdynamičtější etapu života, během níž lze sledovat posturální vývoj. Během prvních 3–5 měsíců lze pozorovat tzv. generalizované pohyby, které plynule přechází v cílené pohyby (oporné, úchopové). K motorickému rozvoji přispívá především zraková zralost, která motivuje dítě ke sledování předmětu, k cílenému pohybu za předmětem. Během kojeneckého období se dítě za fyziologických předpokladů otáčí, sedí, leze a postupně vertikalizuje do stoje, až následně chodí bipedální chůzí bez opory. Během těchto polohových a pohybových změn dochází taktéž k prvním změnám na pohybovém aparátu – dochází k lordotizaci a kyfotizaci páteře, formování kloubů. [34, 40]

Již v kojeneckém období je možné s dítětem absolvovat pohybový kroužek – plavání kojenců. Nejde ovšem o sportovní aktivitu jako takovou. Dítě ve vodě vykonává spíše rudimentární pohyby umožňující mu udržet se na hladině. Výhodou této aktivity je podpora psychomotorického vývoje a posílení citové vazby mezi rodičem a dítětem. [40]

Během batolecího období, trvajícího přibližně do 4. roku života, dochází ke zdokonalování motorických schopností, rozvoji řeči, pokračuje zrání centrální nervové soustavy. Jde o období, kdy si dítě významně tvoří vztah k pohybu a jeho potřeba pohybu je největší během celého vývoje – až 80 % probdělého času. Rozvíjí se synergie antagonistických svalových skupin, což dítěti umožňuje udržení vertikální polohy oproti zevním vlivům. Dítě se učí novým cíleným pohybům, předvídání důsledkům svého pohybového chování. Dochází ke zlepšování rovnováhy jak statické, tak dynamické, rozvíjejí se reciproční schopnosti a dítě je schopno cíleněji využít „vyprodukovanou“ sílu. Zužuje se báze při stoji a chůzi, krok se stává symetrickým ve smyslu délky a rytmu, zdokonaluje se nákok a odvíjení celého chodidla. Dítě se učí chůzi do schodů,

ze schodů, běhu, skákání. Významně začíná napodobovat okolí, tvořit, ovládat jemnou motoriku – šroubováním uzávěrů, stavěním z kostek, rozepínáním velkých knoflíků. [34, 40]

Mezi vhodné pohybové činnosti řadíme takové, kde dítě může rozvíjet chůzi a úchop. Ideální se jeví hra s míčem, překonávání překážek apod. Další charakteristikou pro batolecí věk je strach z nepoznaného. Vzhledem k tomu, že jde právě o období, kdy má dítě touhu napodobovat okolí, lze postupně tyto obavy odstraňovat pomalým, cíleným procesem pokusů o danou aktivitu. [37]

2.1.3 Předškolní věk

V období předškolního věku dochází k dozrání CNS (myelinizace pyramidových drah, mozeček, korové funkce). Chůze se stává automatickou a rovnoměrnou, horní končetiny se osamostatňují od souhybů celého těla. Dále lze pozorovat zvýšenou kloubní pohyblivost způsobenou laxitou vaziva. Dítě se učí seskokům, skokům do dálky, do výšky. Na závěr pozorujeme hopsání a jednotlivé poskoky na jedné noze. Vyhraňuje se lateralita, dítě kreslí obsahově zraleji, maluje spirály, zapíná zip, používá příbor. [34]

Lze dobře pozorovat vyhraněnou lateralitu, dominantní končetina disponuje větší silou, lepším zrychlením, opakováním pohybu a úchopem. Motorické aktivity vyžadující prostorové umístění jsou lépe prováděny končetinou nedominantní. Pohyb předškolního dítěte je charakterizován rychlým střídáním forem pohybu, dítě preferuje pohyb dynamický oproti statickému, rádo napodobuje ostatní. [37]

V tomto období jsou kladeny základy pro pohybové dovednosti a aktivity obecně. Jsou doporučovány vedené pohybové aktivity ideálně formou hry, které zahrnují rychlostní, obratnostní a dynamickou složku (házení míče, kopání míče, kotrmelce, sudy apod.), je také důležité dát prostor spontánním dětským hrám. [32, 37]

Dítě předškolního věku by ještě nemělo absolvovat trénink jako takový, ačkoliv jeho napodobovací schopnosti jsou v tomto věku dostatečné. Jednostranná zátěž může vést až k omezení vlastního růstu. Již zde se v praxi lze setkat se silovým tréninkem, s pasivním udržováním a zvětšováním kloubního rozsahu, což je v důsledku pro dítě

velmi nevhodné. Je možné stimulovat dítě sportovní aktivitou. Mělo by ovšem docházet k častému střídání aktivit a respektovat stav dítěte a nenutit ho do pohybů jemu nepřírodných. Už v tomto věku lze u dětí pozorovat tzv. „burn-out syndrom“, který se projeví ztrátou motivace k pohybové aktivitě. [37]

2.1.4 Mladší školní věk

Během 6. až 7. roku života nastává nová etapa – mladší školní věk, která je pozvolně ukončena nástupem puberty, tedy přibližně v 11. až 12. roku života. V tomto období lze pozorovat zvyšující se podíl svalstva, se kterým roste síla, dozrávají sensorické systémy a jejich koordinace. Dochází k postupnému snižování spontánní aktivity, končetiny rostou rychleji než hlava a trup, tudíž se mění jejich poměr. Postupně také dozrává cerebellum a rovněž tak koordinace a rovnováha. Dítě by mělo mít v tomto období také již vyhraněnou lateralitu. Snižuje se obratnost a narůstá vytrvalostní složka pohybu. [40]

V tomto období je dítě schopno kopírovat pohyby trupu a paží, aniž by své tělo muselo pozorovat zrakem, zlepšuje se kontrola při pohybech, jako jsou poskoky, šplh, přeskakování. (Kučera et al., 2011) [37]

Se začínající školní docházkou nastává zlom v denním pohybovém programu dítěte, a ačkoliv se s věkem snižuje potřeba spontánní aktivity, měla by pohybová složka trvat minimálně stejně tak dlouho, jako trvá čas strávený ve školní lavici. Pohybově ve škole převažuje sed a rozvíjení jemné motoriky. [37]

Ke konci mladšího školního věku je možné začít se sportovní přípravou ve formě hry. Převažovat by měly všeobecně rozvíjející aktivity, které vedou k rozvíjení silových, rychlostně-silových, obratnostních, dynamických a vytrvalostních schopností. Silové a úpolové sporty v tomto věku znamenají riziko negativního ovlivnění dynamického zranění kosterního aparátu. Dítě by nemělo posilovat se závažím těžším než 10 % jeho váhy. Při výběru vhodného sportu by se mělo dbát na celkový obsah příslušné sportovní přípravy, která by měla být pestrá a splňovat potřeby pro daný věk, nemělo by se vybírat dle předpokladů jednotlivce a nemělo by docházet ke specializaci na jeden druh sportu. [37]

2.2 Starší školní věk

Starší školní věk trvá od 12. roku do ukončení povinné školní docházky, tedy přibližně do 15. roku života, zahrnuje prepubertální a pubertální období. V tomto věku dítě dokáže provést prakticky všechny pohybové prvky. Na počátku tohoto období by mělo být procentuální zastoupení všeobecně rozvíjející pohybové činnosti přibližně 80 % oproti specializovanému tréninku, který by měl splňovat podíl 20 %. Tento poměr se časem vyrovnává a v 15. roku života by se měl postupně vyrovnat na 50 % obou složek. [14]

2.2.1 Pohybový systém

2.2.1.1 Podpůrná složka – kosti, klouby, vazy

Kost je pojivová tkáň, skládající se z buněk a z mezibuněčné hmoty. Má především podpůrnou a ochrannou funkci. Dále se podílí i na metabolismu uvolňováním minerálů. V mládí jsou kosti pružnější, v dospělosti pevnější, je to dáno měnícím se poměrem základní a mezibuněčné hmoty. Kostní tkáň tvoří nepravidelné pletivo nebo lamely a podle toho rozlišujeme kost vláknitou a kost lamelární. Vláknitá kost se vyskytuje během ontogeneze, v dospělosti je zachována ve stěně vnitroušního labyrintu, při lebečních švech a u úponů vazů a svalů. Zbytek kostí má stavbu lamelární. [37]

Do deseti let věku dochází k sekundární osteogenezi především u endostální vrstvy kompakty, během 11. roku dochází k osteonizaci střední vrstvy kompakty a mezi 12. a 13. rokem probíhá osteonizace subperiostální vrstvy a kost z architektonického hlediska dosahuje struktury dospělé kosti. Spongióza dosahuje „dospělé“ podoby již kolem 8. roku života. [13]

Epifysové chrupavky se vyskytují na obou koncích dlouhých kostí, u jedné vždy dochází k intenzivnějšímu růstu kosti – u kosti pažní a v kostech bérce je aktivnější proximální růstová chrupavka, v kostech předloktí a v kosti stehenní je aktivnější chrupavka distální. Epifysové chrupavky mizí v dlouhých kostech kolem 14. až 18. roku života. U žen dochází ke kostní zralosti přibližně o dva roky dříve než u mužů. [12]

K určení tzv. kostního věku se využívá rentgenologický snímek, nejčastěji levé ruky. Hodnotí se osifikace karpálních kůstek, metakarpů, phalangů, radia a ulny. [41]

Osifikace kostí ruky a předloktí		
Karpální kůstky	os capitatum	1.–3 . měsíc
	os hamatum	2.–4. měsíc
	os triquetrum	2.–3. rok
	os lunatum	2.–4. rok
	os scaphoideum	4.–6. rok
	os trapezium	4.–6. rok
	os trapezoideum	4.–6. rok
	os pisiforme	8.–12. rok
Kosti předloktí	distální radius	1. rok
	distální ulna	5.–6. rok

Tabulka č. 1 – Osifikace kostí ruky a předloktí [41]

Ukončení osifikace jednotlivých kostí (roky)		
Kost	Muži	Ženy
zápěstní kůstky	16–17	15–16
metakarpy	15–16	14–15
radius	17–18	17
ulna	18–19	18
radius – dist. epifýza	19–20	18–19
radius – prox. epifýza	20–21	19–20
klíční kost	20–21	19–20
obratle	20–22	18–20
pánev	19–20	18–19
stehenní kost	19–20	16–18
česka	19–20	18–19
bércová kost	18–19	17–18
lýtková kost	14–21	14–21
kosti nohy	16–19	15–16

Tabulka č. 2 – Ukončení osifikace jednotlivých kostí [14]

Kloub – articulatio synovialis je pohyblivé spojení dvou či více kostí. Styčné plochy se uvnitř vazivového pouzdra dotýkají plochami povlečenými chrupavkou, nejčastěji jsou kloubní plochy utvářené tak, že jedna má konkávní (kloubní jamka) a druhá konvexní (kloubní hlavice) tvar, kloubní dutina je vyplněna synoviální tekutinou,

kteřá je tvořena buňkami synoviální výstelky kloubního pouzdra. Nejčastěji zastoupenou chrupavkou je chrupavka hyalinní (např. kyčelní, ramenní kloub), ale vyskytuje se také kolagenní, která bývá přítomna u kloubů, které jsou vystaveny velkému tlaku a nároky na mechanickou odolnost jsou vyšší (sakroiliakální, sternoklavikulární kloub), posledním typem je chrupavka elastická (podklad pro ušní boltec). [12]

Klouby jsou zpevňovány a zesíleny pomocí kloubních vazů, které buď zajišťují, nebo omezují pohyb v kloubu. Jedná se o pouzdřové vazy, které probíhají v membrana fibrosa kloubního pouzdra, nitrokloubní vazy, které probíhají mezi membrana synovialis a membrana fibrosa, a mimokloubní vazy, které probíhají zevně od pouzdra. Dále se v kloubech nachází disky a menisky, které vyrovnávají nestejná zakřivení styčných ploch, labrum articulare – lem rozšiřující plochu kloubní jamky, fibrocartilago – vazivová chrupavka rozšiřující plochu kloubní jamky, bursae synoviales – tíhové vácčky snižující tření šlach a kostí, muscoli articulares, které dynamicky stabilizují kloub, a corpora adiposa, což jsou tuková tělesa k vyplnění nestejně zakřivených kloubních ploch. [24]

Kloubní vazy, ale také svalové šlachy jsou tvořeny kolagenním vazivem s převahou svazků tuhého (fibrosního) vaziva, které jsou spojované řídkým kolagenním vazivem. [12]

Kloubní chrupavka je vysoce porézní materiál, který je schopen zadržet velké množství tekutiny. Na viskozitě vnitřního prostředí kloubu se významně podílí přítomnost chondroitin sulfátu a kyseliny hyaluronové, a proteoglykanové molekuly synoviální tekutiny mají vysokou schopnost vázat na sebe vodu. Díky vysoké viskozitě vnitřního prostředí chrupavky je sníženo tření kloubních povrchů a jsou eliminovány extrémní střižné síly. U dětí jsou střižné síly větší než u dospělých a zároveň dětské kloubní chrupavky jsou silnější, než je tomu u dospělých. Chrupavka novorozence obsahuje 87 % vody a 13 % strukturálních komponent, u dospělého je obsah vody 70 % a 30 % tvoří strukturální komponenty. Rozsah pohybu jednotlivých kloubů se u dětí výrazně liší od dospělých a během puberty se rozsahy stabilizují a přibližují rozsahu pohybu dospělých. [37]

2.2.1.2 Silová složka – kosterní svaly

Svalová soustava vytváří aktivní pohybový aparát, řízený nervově. Svalem je myšlena funkční jednotka, schopna vědomé kontrakce a relaxace, sval přechází ve šlachu, což je fibrosní vazivo, připojující sval ke kosti, méně často do kůže nebo do kloubních pouzder. Základní stavební jednotkou příčného svalu je svalové vlákno, jehož povrch tvoří obal sarkolema. Jednotlivá svalová vlákna jsou spojena tenkou vrstvou vaziva, určitý počet svalových vláken je obalen vrstvou vaziva a vzniká primární svalový snopeček, pokud je více primárních svalových snopečků obaleno další vrstvou vaziva, vzniká sekundární snopec, obdobným způsobem vznikají snopce vyšších řádů a na závěr je celý sval pokryt souvislou fascií – perimysium externum (svalová povázka). Pokud fascie obaluje celou skupinu svalů, nazýváme ji fascie povrchová. [12]

Rozlišujeme tři základní typy svalových vláken, a to na základě jejich tloušťky, barvy, množství mitochondrií, účasti enzymů, rychlosti kontrakce a unavitelnosti: rychlá vlákna (fast oxidative-glycolytic fibers – typ II.A FOG, fast glycolytic fibers – typ II.B FG) a pomalá vlákna (slow oxidative fibers – typ I. SO). Většinou se v jednom svalu objevují oba typy vláken, pomalá spíše v hloubce, rychlá vlákna bývají v povrchových vrstvách. Poměr typů vláken je určen především geneticky. Vytrvalost je dobře ovlivnitelná pohybovou aktivitou, rychlostní a silové znaky už ovšem tak snadno ovlivnitelné nejsou. [41]

Novorozenec se rodí se stejnými jednotlivými svaly, jako je má dospělý jedinec, počet svalových buněk je přesně stanovený a zůstává stabilní celý život. Během postnatálního vývoje se však mění proporce šlacha-sval, dochází ke změně vnitřní struktury (uspořádání a zpeření vláken), mění se prostorová orientace svalu ve smyslu vztahu začátku, úponu svalu a osy kloubů. [37]

V dospělosti tvoří u mužů přibližně 36 %, u žen 32 % hmotnosti kosterní svalstvo. Procentuální zastoupení svaloviny je u chlapců v 5 letech 42 %, v 17 letech 53 %. U dívek se toto procento během puberty nemění. [12, 39]

Ve studii zabývající se tělesným složením dětí ve věku 7 až 8 let, kde bylo měřeno 95 probandů, průměrné hodnoty množství svalů v těle odpovídaly u chlapců 46 % a u dívek 42 %. [53]

2.2.1.3 Řídící složka – nervový aparát

Nervový systém rozdělujeme na centrální a periferní.

Periferní systém se skládá ze soustavy nervů a ganglií. Periferní nervy tvoří 31 párů míšních a 12 párů hlavových nervů. Další částí je autonomní nervový systém, který je složen ze sympatiku, parasympatiku a enterálního nervového systému. Po narození dochází k myelinizaci periferních nervů. [41]

Do centrálního nervového systému řadíme mozek a míchu. Po narození dochází k postupnému vývoji CNS, v 6 letech dosahuje mozek dítěte 90 % hmotnosti, kterou bude mít v dospělosti, přibližně v 10 letech dosáhne velikosti dospělého, ale vyvíjí se až do 20. roku života. [41]

2.2.1.4 Logistická složka – metabolismus

Logistická složka – metabolismus je zodpovědný za přísun, přeměnu a odvádění látek v organismu, nastavuje a udržuje podmínky pro činnost vnitřního prostředí. Řadíme sem cévy rozvádějící živiny po těle. [49]

Metabolismus můžeme popsat jako systém zodpovědný za zdroje energie a nezbytných látek pro tělo. Hodnotí se z hlediska kvantitativního (energetického) a kvalitativního (dle zastoupení jednotlivých složek). V těle neustále probíhá přeměna látek procesy katabolickými a anabolickými. Na jeho funkci mají významný vliv neuroendokrinní mechanismy. [5]

2.2.2 Kloubní pohyblivost a svalová síla

Kloubní pohyblivost je charakterizovaná jako změny úhlu mezi sousedními kostmi. Pohyby jsou prováděny ve třech rovinách, v sagitální, frontální a transverzální rovině. Hlavní pohyby rozdělujeme na flexi, extenzi, addukci, abdukci a rotaci. Mezi další pohyby se řadí cirkumdukce, torze, supinace, pronace, protrakce, retrakce, elevace, deprese, lateroflexe, ulnární a radiální dukce, opozice a repozice. [24, 27]

Rozsah kloubní pohyblivosti dělíme na pasivní a aktivní. Pasivní rozsah je definován jako maximální úhel dosažený v kloubu působením zevní síly. Dává informaci o skutečném rozsahu, kdy je snížené napětí měkkých tkání vlivem relaxace. Aktivního rozsahu je dosaženo vlastní aktivitou svalů příslušného segmentu. [29]

Kloubní rozsah ovlivňuje několik faktorů:

- Poměr mezi kloubní hlavicí a jamkou – čím větší rozdíl, tím větší je i rozsah
- Kontakt kostěných segmentů, kloubních výběžků v okolí kloubu
- Rozložení a napětí měkkých tkání
- Volnost kloubního pouzdra a ligament
- Věk – během involuce dochází k ubývání elastické složky tkání
- Pohlaví
- Zaměstnání

Za fyziologický rozsah je považován takový rozsah, který je limitován anatomickými strukturami (kosti, svaly, šlachy, kloubní pouzdro), které nejsou patologicky změněny. Patologický rozsah může být zvýšen nebo snížen. Omezení nastává z důvodu patologicky změněných faktorů, např. u degenerativního onemocnění kloubu, u edému, ale i u svalového zkrácení, kontraktur ligament nebo třeba sraštění kloubních pouzder. [29]

Svalová síla je kvantitativní hledisko aktivního pohybu, mezi kvalitativní patří pohybová koordinace, lineárnost úsilí, iradiace aktivity, její strategie, taktika, metrika a vztah mezi držením a pohybem. Obecně je síla charakterizována jako veličina, která vyvolává mechanický pohyb těles jejich vzájemným působením. [50]

Svalovou sílu lze dělit v základu na dvě skupiny, a to na sílu statickou a sílu dynamickou, podle toho, jaký typ kontrakce sval v danou chvíli provádí. Je nutné podotknout, že je takřka nemožné izolovaně měřit sílu pouze jednoho svalu, proto měříme svalové skupiny. Statická síla je taková síla, kterou sval vyvíjí proti odporu, aniž by docházelo ke změně délky svalu. Sval tedy provádí isometrickou kontrakci – dochází pouze ke změně napětí ve sval. Dynamická síla je chápána jako síla, kdy působí sval proti odporu a zároveň nastává změna délky svalových vláken. Svalová vlákna se mohou jak zkracovat – koncentrická kontrakce, tak také prodlužovat – excentrická kontrakce. Pokud je rychlost změny délky vláken během celé doby konání kontrakce stejná, používáme pojem isokinetická kontrakce. A dále ještě popisujeme sílu

isotonickou, kdy je tlak na úpon šlachy svalu po celou dobu kontrakce stejně velký. [23, 34]

Maximální síla, jako jeden z parametrů isometrické kontrakce, dosahuje svého vrcholu přibližně ve 20 letech u chlapců i dívek. Ve věku 15 let je to u chlapců 95 %, u dívek 93,3 %. Do deseti let není takřka rozdíl mezi chlapci a dívkami, po 10. roce roste maximální síla s věkem u chlapců rychleji než u dívek a přibližně ve věku 15 let je rozdíl mezi muži a ženami přibližně 25 %; tento rozdíl se příliš nemění po zbytek života. [14]

2.2.2.1 Hypermobilita

Hypermobilita znamená zvýšený kloubní rozsah nad běžnou normu. Typy hypermobility lze dělit na lokální, generalizovanou a konstituční. Lokální patologická hypermobilita znamená typ hypermobility vyvolaný kompenzačním mechanismem při omezení rozsahu v jiném segmentu. Jedná se pouze o lokální formu vyžadující lokálně cílený terapeutický přístup. Generalizovaná hypermobilita spadá do klinického obrazu u některých neurologických onemocnění. Příkladem jsou zánikové mozečkové léze, periferní parézy nebo lehká mozková dysfunkce. U LMD se jedná především o její dyskinetickou a mozečkovou formu. Dále pozorujeme hypermobilitu u Downova syndromu nebo oligofrenie. Konstituční hypermobilita je charakterizována nejen zvýšeným kloubním rozsahem, nýbrž také lehkým snížením svalového tonu a nízkou svalovou silou, která se ještě pohybuje v dolních mezích normy. Mezi teorie její etiologie patří insuficience mesenchymu, která se klinicky projevuje právě zvýšenou laxitou vaziva. Konstituční hypermobilita postihuje více ženy, a to přibližně ve 40 %. Výraznější je u mladých dívek a začíná se stabilizovat kolem 40. roku života. Ze statistických údajů vyplývá, že mongoloidní a ekvatoriální typ má k hypermobilitě větší předpoklady než typ europoidní. [29, 47]

S hypermobilitou se pojí rizika, mezi která řadíme například kloubní nestabilitu. Nedostatečnost nitrosvalového stromatu má za následek celkovou svalovou hypotonii a sníženou viskoelasticitu a to v praxi znamená sníženou ochranu kloubů a vzniká tendence k nárazovému přetížení svalových úponů. Nároky na udržení vzpřímené postury jsou vyšší a při náhlých změnách polohy snadněji dochází k mikrotraumatizaci

tkání z důvodu zhoršené účinnosti míšních tlumících servomechanismů, které za normálních okolností automaticky pohyb u konečné hranice tlumí. U dětí neexistují normy kvality svalového tonu a děti obecně disponují nižším svalovým tonem, diagnostika je tedy do období puberty velmi složitá. Ke kontraindikacím hypermobility se řadí mobilizační techniky nebo protahovací cviky nad fyziologickou normu. Mezi nevhodné sporty patří balet a všechny druhy gymnastických sportů, především v období puberty. I když trendem je vybírat hypermobilní jedince právě pro tyto sporty. [29, 50]

U sportovců s hypermobilitou je větší riziko poranění hlezenního kloubu z důvodu nestability (hypermobilní 26,1 %, nehypermobilní 9 %), konkrétně u lacrossových hráčů bylo riziko poranění hlezna dvojnásobné u hypermobilních hráčů oproti těm bez hypermobility. Podobná rizika jsou i u kolenního kloubu, predispozice k poranění předního zkříženého vazů je u hypermobilních sportovců, především s hyperextenzí kolenního kloubu, pětinasobná oproti normě. Ve studii pacientů po chirurgickém zákroku v oblasti glenohumerálního kloubu bylo prokázáno, že 76 % z nich bylo hypermobilních. V oblasti ruky je hypermobilita nejčastěji spojována s osteoartritidou karpometakarpálního kloubu palce, subluxací a dislokací. Dále je hypermobilita spojována se zvýšeným rizikem pro vznik syndromu karpálního tunelu, osteoporózy, vertebroalgického syndromu a fibromyalgie. [51]

V roce 2005 byla vydána studie, zahrnující 195 především europoidních, konstitučně hypermobilních dětí do 18 let. Průměrný věk diagnostiky konstituční hypermobility byl během 9. roku života. Mezi nejčastější klinické nálezy patří zhoršené koordinační schopnosti a nemotornost (48 %), zvýšená náchylnost k tvoření podlitin (43 %), vrozená dysplazie kyčelní (4 % oproti 1 % normální populace), u dívek větší insuficience urinálního traktu oproti chlapcům (13 % oproti 6 %). Subjektivně si pacienti nejčastěji stěžovali na bolesti kloubů (74 %), z toho nejvíce na přední straně kolene (66 %), dále na bolesti hlezen (26 %), páteře (18 %). Dle Beightonovy škály hypermobility dosáhlo 89 % dětí nad skóre 6. Skóre 6 mělo 6 % dětí, skóre 7 20 % dětí, skóre 8 31 % a skóre 9 mělo 32 % dětí. [1]

Studie u švédských dětí poukazuje na trend snižování Beightonova skóre současně s věkem u chlapců, kdy byly děti měřeny v 9, 12 a 15 letech. Nicméně u dívek byly největší hodnoty právě během 15. roku. [51]

Na britské univerzitě Edge Hill probíhal screening univerzitních sportovců z oblasti rugby, netballu a tance s kontrolními skupinami studentů nesportujících. Zajímavé je, že 88 % tanečnic splňovalo Brightonova kritéria k určení hypermobility. U ženského rugby to bylo 28 %, u mužského rugby 8 %, u ženského netballu 33 %. U kontrolní skupiny mužů to bylo pouze 8 % a u žen 33 %. Průměrné Brightonovo skóre tanečnic činilo 5,29 bodu, u ostatních ženských skupin to bylo 2,50–2,84. Podobná studie zabývající se přítomností hypermobility u tanečnic a gymnastek probíhala v Británii na Leeds Metropolitan University v roce 1999. Testovací baterie se skládala z 14 tanečníků baletu, 21 gymnastů na národní úrovni, 10 „rekreačních“ gymnastů a 20 studentů provozujících jiné sporty. Gymnasté a tanečníci měli u ramen, kyčlí, hlezen a bederní páteře větší kloubní rozsahy oproti kontrolní skupině provozující jiné sporty. V obdobné studii zaměřené na otázku hypermobility u dětí 13–16letých provozujících balet, gymnastiku a házenou bylo zjištěno, že nejvíce hypermobilních adolescentů bylo mezi tanečnickými, poté gymnasty a poté mezi házenkáři. [2, 18, 44]

2.2.2.2 Vztah mezi kloubní pohyblivostí a svalovou silou

Hypermobilita je obecně spojovaná s nižším svalovým tonem. Studie probíhající v Nizozemí porovnávala hodnoty svalové síly a rozsahu pohybu dětí hyper- a hypomobilních s normou. Rozsah pohybu (součet stupňů ROM určitých kloubů) měly hypermobilní děti průměrně o 9,8 % větší oproti standardu a hypomobilní děti o 9,3 % nižší. Svalovou sílu měli hypermobilní jedinci průměrně o 8,4 % nižší než standard a hypomobilní děti o 20 % vyšší. Současně měly obě skupiny (hyper- i hypomobilní děti) nižší hodnoty absolutní VO_2 max a relativní VO_2 max. V jiné studii byl prokázán vztah většího kloubního rozsahu s nižším relativním VO_2 u dívek. [15, 52]

Ve studii zabývající se sníženou svalovou silou a zvýšeným rozsahem pohybu u mladých běžců bylo prokázáno, že u jedinců s vyšším rozsahem kyčelního kloubu v transversální rovině byly naměřeny nižší hodnoty síly při isokinetickém pohybu v transversální rovině. Tito jedinci měli také insuficientní stabilizační schopnosti pánve, což vedlo k neekonomickému stereotypu běhu a většímu riziku vzniku bolesti na přední straně kolene. [49]

U studie zabývající se rozdíly svalové síly mužů a žen s konstituční hypermobilitou a bez ní bylo prokázáno, že muži s konstituční hypermobilitou mají nižší svalovou sílu bilaterálně u extenzorů lokte a u flexorů kolene u PDK. U žen tento vztah prokázán nebyl. [30]

2.2.2.3 Metody používané k měření kloubního rozsahu

Mezi metody hodnotící kloubní rozsah patří bezesporu goniometrie. Jde o standardizovaný postup, jehož výsledky lze porovnat s parametry uváděnými různými autory. [27]

Další metodou, tentokrát hodnotící přítomnost hypermobility, je Beightonovo skóre, hojně využívané mezinárodně. Vhodné je také využití vyšetření hypermobility dle Jandy. [1, 27, 28]

2.2.2.4 Přístroje používané k měření parametrů aktivního pohybu

V klinické praxi se nejčastěji používá svalový test dle Jandy. Měření svalové síly přístrojově se nazývá dynamometrie a využíváme při něm dynamometry, které hodnotí isometrický nebo isokinetický pohyb. U isometrické síly hodnotíme její maximum, její maximální moment a silovou křivku. U isokinetické síly posuzujeme výkon, točivý moment (moment síly), úhlovou rychlost, rychlost lineárního pohybu a práci. [34, 40]

K měření maximální isometrické kontrakce se používají tensometry jednoduché, využitelné pro více svalových skupin, nebo například hand-grip tensometr. K typu měření síly během isokinetické kontrakce je zapotřebí sofistikovanějších přístrojů, které umožňují měření jak v koncentrickém, tak v excentrickém režimu. Existuje více modelů těchto dynamometrů – např. CSMi HUMAC NORM, KinCom nebo IsoMed 2000. [34]

2.2.3 Vývoj tělesné zdatnosti a výkonnosti dětí

Dlouhodobé fyziologické vývojové změny při tělesné zátěži jsou u dětí velmi nesnadno zachytitelné, jelikož jsou ovlivněny růstem a změnami organismu jako takovými a zároveň pohybovou aktivitou. Je tedy složité od sebe tyto dvě složky oddělit. Nejpatrnějším rozdílem od dospělých je subjektivní vnímání zátěže, děti vnímají zátěž jako méně obtížnou a rychleji se po výkonech zotavují. [37]

Při aerobním pohybu vydá menší dítě více energie na kg hmotnosti než větší děti nebo dospělí. Děti jsou ve vztahu k jejich metabolismu „metaboličtí nespecialisté“ oproti dospělým, kde můžeme pozorovat například vytrvalce s vysokými hodnotami VO_2 (maximální spotřeba kyslíku) nebo silové sportovce s nižší VO_2 a velkou svalovou složkou. Pětileté dítě spotřebuje během chůze na určitou vzdálenost 37 % kyslíku na kg hmotnosti oproti patnáctiletému dítěti, které během stejné vzdálenosti spotřebuje 5 % kyslíku na kg hmotnosti, u sedmnáctiletých jsou to pak pouze 3 %. U dívek a žen se liší hodnoty VO_2 průměrně o 20 % od mužské populace. Tento fakt je způsoben především větším procentem tuku, nižším množstvím svalstva a nižší koncentrací hemoglobinu u žen. Tyto rozdíly se ovšem výrazněji projevují po pubertě. [37]

Anaerobní pohyb lze vykonávat podstatně kratší dobu než aerobní. Největší rozdíl dospělých a dětí je ve způsobu uvolňování energie. Během zátěžového testu děti během prvních 30 sekund využívají 30–50 % energie uvolněné oxidativně, u dospělých jde o plně anaerobní výdej. To ovšem na kvalitě pohybu nic nemění, znamená to pouze, že dětem tento způsob uvolňování vyhovuje. [36, 37]

Vysoké pohybové nároky se především u dívek mohou projevit na pohlavním zrání. Menstruace se u sportujících dívek dostavuje v průměru o 1 až 2 roky později než u nespportujících. Doložit přesný důvod se zatím nepodařilo, na vině by mohl být stres, poruchy ve výživě, nižší procento tuku a celkově nižší hmotnost. Právě štíhlé dívky s nízkým procentem tukové tkáně a opožděnou menarche mají v konkurenčním sportovním prostředí bezesporu výhody. V poslední době se také používá u sportujících dívek pojem *anorexia athletica*. [19, 36]

Znalost prahu intenzity zatížení mladých dospělých jedinců ke zvyšování jejich výkonnosti v oblasti VO_2 max a svalové síly je 60 až 70 % VO_2 max a 60 až 65 % 1 RM (one repetition maximum) – výkon, který lze při odporovém tréninku opakovat

pouze jednou. Trénink pod tímto prahem přináší žádný nebo pouze malý výsledek. Při překročení prahu dochází k přetížení a při dlouhodobém přetěžování hrozí zvýšené riziko úrazů a chronické únavy. [37]

2.2.4 Zásady výběru sportu v dětském věku

Rozlišujeme dva základní typy výběru pohybových aktivit. Prvním je výběr optimální pohybové aktivity pro vybraného jedince, druhým je výběr optimálního jedince pro příslušnou pohybovou aktivitu. Běžnější praxí je první varianta, která s sebou ovšem přináší větší rizika. Z hlediska obecného zdraví je výhodnější provádět druhý typ výběru, což však je obtížnější. [14]

Mezi kritéria výběru se řadí dosažený stupeň růstu a vývoje, charakter dosavadního motorického vývoje, anamnestické údaje ovlivňující ontogenezi, lokální podmínky života, charakter dosavadní výchovy, analýza dosavadního pohybového režimu, analýza typu možné pohybové aktivity a medikamentózní terapie v průběhu života. [14]

Při výběru se rozlišují skupiny dětí na jedince s běžnou potřebou pohybu, se zvýšenou a sníženou potřebou pohybu, jedinci oslabení či pohybově nedostatečně vybavení (obézní, asteničtí, po úrazech apod.). Schéma výběrů dělíme podle charakteru sportu – rychlostní, vytrvalostní a silový. Dále rozhoduje, zda se jedná o sport individuální nebo kolektivní, kontaktní nebo nekontaktní. Do výběru zasahují taktéž místní podmínky a tradice a mezilidské vztahy. K metodám přispívajícím ke správnému výběru náleží motorické testy, testování síly, rychlosti, flexibility. Měly by se provádět alespoň dvakrát do roka. [4, 14]

2.3 Gymnastické sporty

Název gymnastika byl odvozen ze starořeckého slova „gymnazien“, což znamená cvičit nahý, a „gymnastés“ – označení pro bojovníka, cvičence a člověka, zabývajícího se vědou o tělesných cvičeních. [35]

„Gymnastiku lze chápat jako otevřený systém uspořádaných, přesně určených gymnastických činností s cílem pozitivně ovlivňovat a rozvíjet pohybový projev cvičence, podílet se na pohybové, estetické a společenské kultivaci člověka.“ [35]

Všeobecnou gymnastiku dělíme na základní gymnastiku (prostná cvičení, cvičení na nářadí, akrobatická cvičení apod.), účelové druhy (kondiční, zdravotní, léčebná gymnastika) a na rytmické druhy (rytmická, aerobní, jazzgymnastika). Gymnastické sporty jsou rozděleny do několika odvětví, spadají sem olympijské i neolympijské sporty a jejich společným znakem je především specifická „gymnastická motorika“ a důraz na estetičnost a techniku provedení. Jedná se o sportovní gymnastiku, akrobatický rock'n'roll, akrobatickou gymnastiku, skoky na trampolíně, TeamGym, fitness, moderní gymnastiku, estetickou skupinovou gymnastiku a sportovní aerobik. [35, 37]

Gymnastika patří mezi koordinačně-estetické sporty, podobně jako třeba krasobruslení nebo skoky do vody. Hodnotí se zde celkový výkon z hlediska obtížnosti, technického provedení a z hlediska estetického. Ačkoli existují podklady obsahující pohybové prvky ke každému odvětví gymnastiky, v konečném výsledku je hodnocen výkon komplexně a závisí i na subjektivním rozhodnutí rozhodčích. Z pohybových schopností převažuje obratnost. [35]

2.3.1 Předpoklady pro výběr závodníka

Nejvhodnějším somatotypem se jeví žena s větším podílem mezomorfní komponenty a menším podílem ektomorfní komponenty. Jelikož se jedná povětšinou o individuální sport, jsou zde větší nároky na psychiku sportovce, je třeba velké motivace, koncentrace, zvládání stresových situací. Mimo jiné se také psychický stav odráží na způsobu držení těla a samotného pohybu; nejvhodnějším adeptem je sangvinik. [4, 35]

Výkonnost gymnastů a nároky na sportovce se za posledních čtyřicet let výrazně zvyšují. Je tedy vhodné pravidelně testovat schopnosti sportovce v laboratořích jako součást prevence. [26]

2.3.2 Základní pohybové schopnosti

Charakteristikou pro sportovní snažení je neustálé zlepšování pohybových schopností. Základem pro výkon je kondiční příprava. U dětských kategorií je hlavním úkolem vytvořit široký pohybový fond, ze kterého budou postupem času vycházet speciální dovednosti. Základní rozdělení pohybových schopností je následující: obratnost, rychlost, síla, vytrvalost a pohyblivost. [42]

2.3.2.1 Obratnost

Obratnost je definována jako schopnost orientovat vlastní pohyby dle potřeby, rychlého učení nových pohybových vzorů a jejich přizpůsobení v různém prostředí. Jsou tedy kladeny nároky na rychlost a přesnost pohybu. Koordinace pohybu je řízena CNS a je zprostředkována díky činnosti receptorů, udávajících informace jak z vnějšího prostředí, tak i z prostředí vnitřního. Podíl má dále činnost jednotlivých funkčních systémů, jako jsou oběhový nebo dýchací, které zajišťují přísun energetických zdrojů do svalů a buněk. Nervosvalová koordinace je v podstatě programovým vybavením, kdy mozek udává informace o tom, který sval jakou silou a rychlostí provede kontrakci, a v neposlední řadě nesmíme opomenout psychologické procesy, kde pro provedení daného pohybu hraje významnou roli vůle, motivace a pozornost. [42]

Součástí obratnosti by měla být schopnost spojování pohybů, dále orientace v prostoru, rozlišení polohy těla a jeho jednotlivých částí, schopnost přizpůsobování pohybu vnějším podmínkám, schopnost reakce, rovnováhy, rytmicity a učlivosti. [42]

2.3.2.2 Rychlost

Rychlost je definována jako přírůstek dráhy za stanovený časový úsek. Je vázána na obratnostní aktivitu. V iniciační fázi pohybu jsou jejími efektoři především bílá svalová vlákna, později se přidávají i ta červená. [37, 42]

Strukturálně dělíme rychlost do tří základních forem, a to rychlost reakce, rychlost jednotlivého pohybu, rychlost cyklická – ta má složku akcelerace, frekvence a

rychlost změny směru. Je vhodné rozvíjet její jednotlivé podoby odděleně i komplexně, ovšem s ohledem na fyziologické možnosti dítěte. [42]

2.3.2.3 Síla

Z pohledu sportu hovoříme o síle jako o schopnosti překonávat vnější odpor svalovou kontrakcí. Dělíme ji na dynamickou, kdy dochází k pohybu těla nebo jeho částí, a statickou, kdy nedochází k pohybu těla, nýbrž jde o snahu udržení určité polohy. U statické síly rozlišujeme dobu svalového stahu a velikost úsilí, u dynamické síly nás zajímá, jak velká hmotnost tvoří překážku v pohybu, kterou je třeba zdolat, kolikrát je možné pohyb zopakovat a jak rychle ho lze provést. [42]

U dynamické síly rozlišujeme tři základní silové schopnosti – výbušnou, vytrvalou a maximální sílu. Přibližně do věku puberty je důležitá taková svalová průprava, která nemá za cíl dosahování příliš velkých hmotností. [42]

2.3.2.4 Vytrvalost

Vytrvalost je schopnost vykonávat činnost relativně delší dobu v submaximální zátěži. Dělíme ji na krátkodobou (do 20–30 minut), středně dlouhou, kdy dochází k energetickému využití látek ve svalech a z tukové tkáně, a dlouhodobou zátěž, která mobilizuje i bílkoviny. [36]

U dětí vytrvalost nedomínuje tak, jako u dospělých, jelikož vytrvalostní výkony jsou pro děti monotónní. To ovšem neznamená, že by do tréninku neměla být zařazena. Do deseti let věku není potřeba zvláštní trénink vytrvalostních schopností, protože v tomto období ji mají děti přirozeně na horní hranici svých možností. Mezi 11. a 12. rokem života nastává vhodné období k zařazování vytrvalostních prvků ke zvýšení využití kyslíku. V období puberty je možné aerobní kapacitu zvyšovat nejefektivněji. [42]

2.3.2.5 Pohyblivost

Gymnastické sporty vyžadují vykonávání pohybu ve velkých rozsazích pohybu. Chybou je, že při výběru pro gymnastiku je kloubní hypermobilita žádaným faktorem. Přitom jakékoliv zvyšování kloubního rozsahu u hypermobilních jedinců je kontraindikováno, a pokud již dojde k výběru hypermobilního jedince, je nutné, aby to byl alespoň jedinec bez obtíží pohybového aparátu. [21, 43]

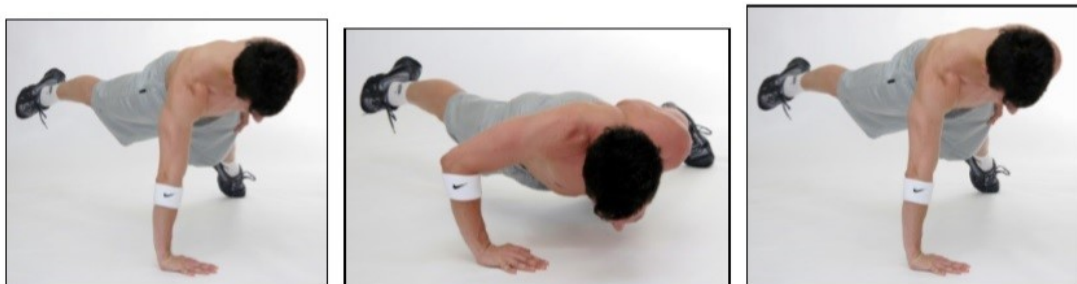
Pokud je pohyblivost rozvíjena ve fyziologické míře, je to pro sportovce samozřejmě výhodou, jelikož je schopný trénovat ve větších rozsazích. Pohyblivost je možné rozvíjet aktivně – vlastní silou, pasivně – působením vnějších sil, čehož bychom se ovšem měli vyvarovat v období puberty, nebo prováděním švihových pohybů. [42]

2.3.3 Charakteristika pohybu sportovního aerobiku

Škála pohybu jako takového je ve sportovním aerobiku velmi rozsáhlá. Prováděné pohyby a prvky lze rozdělit do několika kategorií a podkategorií. Do hlavních kategorií řadíme kliky, statickou sílu, skoky, prvky flexibility a aerobní vazby. Ve sportovním aerobiku jednotlivců, párů a trojic jsou daná pravidla, které prvky z těchto kategorií musí být v choreografii obsaženy, další navíc jsou taktéž bodově hodnoceny a čím více správně provedených prvků, tím lepší výsledek. Prvky se originálně zakomponují do choreografie trvající 2 minuty v doprovodu individuálně zvolené hudby předepsané rychlosti. Pro kategorii fitness týmů čítajících 5 nebo 7 členů neplatí bodový systém za každý prvek, jelikož se zde hledí spíše na choreografii jako takovou, formace a synchrony. Nicméně to neznamená, že by se v těchto kategoriích tyto prvky nepoužívaly. Až na výše zmíněné statické prvky je charakter choreografií a provedení pohybu především velmi dynamický, švihový. [17]

Kliky lze rozdělit na prsní a tricepsové ve variantách s oporou všech čtyř končetin, s oporou jedné horní končetiny a obou dolních, nebo ve variantě s oporou jedné horní a jedné dolní končetiny. Do statické síly se řadí různé varianty přednosů, vznosů ve vzporu, vah v opoře a ve vzporu. Skoky lze dělit dle způsobu odrazu, doskoku a pohybu během letové fáze. Dle způsobu se jedná o odraz snožmo nebo z jedné dolní končetiny z místa nebo s rozběhem. Obtížnost skoků se dá také zvýšit

přidáním obrátů, kdy jejich počet není limitován. Prvky flexibility se dělí na statické a dynamické, rozdělujeme je také podle způsobu provedení. [16, 17]



Obrázek č. 1 – Prsní klik s oporou o jednu horní a jednu dolní končetinu [16]



Obrázek č. 2 – Přednos v opoře snožmo [16]



Obrázek č. 3 – Vznos v opoře roznožmo [16]



Obrázek č. 4 – Váha oporem na jedné HK roznožmo [16]



Obrázek č. 5 – Front split [16]



Obrázek č. 6 – Straddle jump [16]



Obrázek č. 7 – Tomaro s otočkou o 360° [16]



Obrázek č. 8 – Needlepoint (vlevo) a standing front split [16]



Obrázek č. 9 – Supine front split [16]

U gymnastických sportů je také možné pozorovat výskyt charakteristických obtíží pohybového aparátu. Mezi nejčastější obtíže pohybového aparátu patří bolesti bederní oblasti, kolenních kloubů, ramenních kloubů, kyčelních a hlezenních kloubů. V průzkumu z roku 2016, který probíhal mezi 58 gymnastkami mladšího školního věku, bylo zjištěno, že 98 % z nich se potýkalo minimálně s jednou z obtíží pohybového aparátu a 56 % udávalo obtíže více oblastí, kde byly zastoupeny především dolní končetiny. Probandi udávali obtíže hlezenních kloubů ve 40 %, kolenních kloubů ve 36 % a dále 9 % kyčelní klouby, 8 % hamstringy, 5 % paty a 3 % prstce. Obtíže v oblasti zad popisovalo celkem 27 % gymnastek. [8, 22]

2.3.4 Svalové dysbalance typické pro gymnastické sporty

Každý sport má charakteristické vztahy mezi svaly, vycházející z konkrétního pohybového učení. Tato specifika koordinačních vztahů vede ke kvantitativní disproporci v jejich zapojení, která se projevuje jako svalová dysbalance – některé segmenty jsou hypertrofické, hypertonické a zkrácené, nebo naopak hypotrofické a hypotonické. Jakmile je sval hypertrofický, hypertonický či zkrácený, aktivuje se i při pohybech, kde by z mechanického hlediska svaly aktivovány být neměly, nebo by měly být aktivovány v menší míře. Naopak jiné svaly jsou využívány nedostatečně a dostávají se do útlumu. Příčinou jednostranného zatěžování kloubů jsou tedy spíše vadné stereotypy pohybu, které vyústí ve svalové dysbalance, než například jednorázové trauma. [33]

Konkrétně u gymnastiky lze pozorovat nejčastěji oslabení u m. rhomboideus a m. serratus anterior. Jedná se o spodní fixátory lopatek, a pokud dojde k oslabení m. rhomboideus, můžeme pozorovat zevní rotaci lopatek, lehké propadnutí střední hrudní páteře, což bývá ještě akcentováno zkrácením m. trapezius a m. levator scapulae. Oslabení m. serratus anterior se projevuje odstáváním vnitřní hrany lopatky a prominencí spodního úhlu lopatky. Pokud nejsou m. rectus abdominis, m. obliquus externus et internus a m. transversus v rovnováze, lze pozorovat anteverzní postavení pánve, akcentovanou bederní lordózu, zkrácení mm. erectores a flexorů kyčelního kloubu. U m. gluteus maximus lze pozorovat hypotonus zejména v horním zevním kvadrantu, často vzniká jako následek blokády sakroiliakálního kloubu. Oslabení m. infraspinatus se projevuje vnitřně rotačním postavením paže. Zkrácení nejčastěji

pozorujeme u m. iliopsoas, kdy je akcentovaná bederní lordóza. U m. quadriceps femoris je nejčastěji zkrácena hlava m. rectus femoris a m. vastus lateralis. Zkrácení u m. tensor fasciae latae se často pojí s poruchami kolenního kloubu, pojí se s anteverzním postavením pánve, akcentovanou bederní lordózou, vnitřně rotačním postavením femuru, zkrácením m. quadratus lumborum, oslabením m. gluteus medius a prohloubenou rýhou na laterální straně stehna. Zkrácení prsních svalů se projevuje protrakčním držením ramenního kloubu. Obtíže v oblasti krční páteře často způsobuje zkrácení m. levator scapulae, dále u něj nacházíme bolestivý úpon na horním úhlu lopatky. Při zkrácení horní porce m. trapezius lze pozorovat jeho konvexní konturu. [33, 45]

3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY

3.1 Cíle práce

Jedním z cílů práce bylo změřit kloubní rozsah kyčelních kloubů, zjistit přítomnost konstituční hypermobility, změřit parametry svalové síly u flexorů a extensorů kyčelního kloubu a zjistit výkonnostní stupeň u dívek provozujících sportovní aerobik. Dalším cílem práce bylo zjištěná data zpracovat a prozkoumat, zda existují souvislosti mezi naměřenými hodnotami.

3.2 Úkoly práce

Pro cíle této práce byly stanoveny následující úkoly:

- Provést rešerši literatury pojednávající o pohybovém aparátu ve sportu různých věkových kategorií, o specifikách pro gymnastické sporty
- Stanovení cílů, úkolů a hypotéz
- Vytvoření projektu – zvolení vyšetřovacích metod
- Podat žádost o vyjádření Etické komise FTVS UK
- Vybrat probandy z klubů provozujících gymnastické sporty
- Provést sběr dat a měření
- Zpracovat a interpretovat získaná data
- Vyhodnotit výsledky výzkumu a vyvodit příslušné závěry

3.3 Výzkumné otázky

V empirické části této práce se zabýváme následujícími otázkami:

- Bude goniometrické vyšetření odpovídat zvýšenému kloubnímu rozsahu?
- Budou výsledky Beightonova testu odpovídat konstituční hypermobilitě?
- Jaké procento závodnic bude mít konstituční hypermobilitu?
- Jaká svalová síla bude naměřena pomocí přístroje Humac Norm (kinetická analýza pohybu)?
- V jakém úhlu bude největší moment síly?

- Jak se budou lišit naměřené hodnoty ve vztahu k subjektivnímu hodnocení závodnic trenérem?
- Budou výsledky odlišné u závodnic se zvýšeným kloubním rozsahem oproti závodnicím bez zvýšeného kloubního rozsahu?

3.4 Hypotézy

Hypotéza 1: Předpokládáme zvýšený kloubní rozsah u většiny závodnic.

Hypotéza 2: Předpokládáme, že budou naměřeny vysoké hodnoty svalové síly.

Hypotéza 3: Předpokládáme, že u závodnic s vyšším kloubním rozsahem budou naměřeny nižší hodnoty svalové síly – točivého momentu.

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Metodický postup u teoretické části práce

Teoretická část diplomové práce je zpracována formou literární rešerše na základě informací dostupných českých a zahraničních literárních a informačních zdrojů. Informace jsou získané z literárních zdrojů vyhledávaných v knihovnách Univerzity Karlovy, online knihovny ProQuest Ebook Central, které obsahují odborné bibliografie a učebnice, z databází Ebsco, Scopus, Google Scholar, kde jsou shromažďovány odborné články a výzkumy, z repozitáře závěrečných prací UK a z ostatních webových zdrojů. Po získání teoretických informací následovalo jejich zpracování a rozdělení do kapitol a podkapitol. Na základě získaných informací byl vytvořen projekt experimentální studie, aplikován v rámci experimentu a následně byly zpracovány výsledky, které byly porovnány s výzkumy podobného tématu. Výsledek sběru dat je validní s ohledem na přesnost citačních zdrojů dle normy ČSN ISO 690:2011. Zdroje byly vyhledávány pomocí níže uvedených klíčových slov.

Klíčová slova pro český jazyk: hypermobilita, konstituční hypermobilita, kloubní laxicita, kloubní rozsah, svalová síla, gymnastika, sport dětí a dospívajících, fyziologie sportu, morfologie tkání, mladší školní věk ve sportu, pediatrie, goniometrie, dynamometrie, sportovní aerobik, přetížení ve sportu, moment síly, točivý moment.

Klíčová slova pro anglický jazyk: hypermobility, benign joint hypermobility, joint range of motion, joint laxicity, muscle strength, gymnastics, sport in childhood and adolescence, physiology of sports, tissue morphology, young athletes, pediatrics, goniometry, dynamometry, sport aerobics, overloading in the sport, peak torque.

4.2 Popis výzkumného souboru

Výzkumný soubor se skládal z 10 probandů. Průměrný věk probandů je $x = 15,1 \pm 2,0$ let. Na základě odběru anamnestických údajů probandi splňovali následující kritéria:

- Provozování sportovního aerobiku minimálně 2 roky
- Stejná věková kategorie v rámci výkonnosti ve sportovním aerobiku
- 1. třída výkonnostní úrovně

- Tréninkový plán v rozsahu 8–0 hod/t
- Vyloučení zranění či obtíží pohybového aparátu v posledních 3 měsících

Před realizací výzkumného měření museli všichni probandi podepsat informovaný souhlas (viz. Příloha č. 2), kde byli předem seznámeni s účelem a průběhem měření a interpretací výsledků. Výzkum byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 199/2018 (viz Příloha č. 1).

4.3 Použité metody a sběr dat

Všechna měření probíhala pod odborným dohledem konzultantů Mgr. Kristiny Hassmannové, Mgr. Davida Bujnovského, Mgr. Jana Malečka a Mgr. Dana Omcirka. Před samotným měřením byly probandi seznámeni s jeho průběhem, a součástí každého měření byla fyzická příprava – standardní rozcvičení v rozsahu 15 minut, za účelem minimalizace rizik během měření. Rizika měření nejsou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

4.3.1 Metody pro měření kloubní pohyblivosti

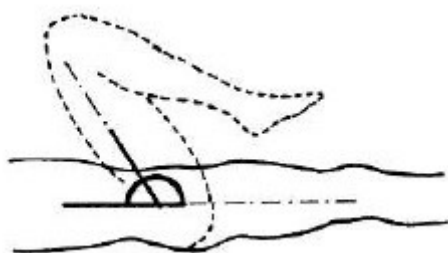
4.3.1.1 Goniometrie

Při goniometrickém měření byla zvolena planimetrická metoda pomocí SFTR kapesního goniometru o délce 20 cm v rozsahu měření 360°. Pro účely výzkumu byl vytvořen záznamový arch pro zanesení naměřených výsledků goniometrie. Záznamový arch obsahuje záznam o měření pasivního pohybu v kyčelním kloubu v sagitální rovině pro flexi a pro extenzi kyčelního kloubu. [20, 27]

Pasivní rozsah flexe v kyčelním kloubu byl měřen vleže na zádech. Dolní končetiny jsou natažené (obr. 10). Poloha pánve je neutrální – spina iliaca anterior superior je ve vertikále se spinou iliaca posterior superior. Fixace je na hřebenu kosti kyčelní. Osa goniometru je přiložena na trochanter maior femuru, nepohyblivé rameno je rovnoběžné s trupem, pohyblivé rameno je rovnoběžné s osou femuru. První terapeut provede pasivní flexi v kyčelním kloubu s flexí v kolenním kloubu a zároveň fixaci

hřebenu kosti kyčelní, druhý vede pohyblivé rameno goniometru rovnoběžně s osou femuru. [20]

Pasivní rozsah extenze v kyčelním kloubu byl měřen vleže na břiše (obr. 11). Fixace je na kosti křížové. Osa goniometru je přiložena k trochanter maior femuru, nepohyblivé rameno je rovnoběžně s trupem, pohyblivé rameno je rovnoběžně s osou femuru. První terapeut provede pasivně extenzi v kyčelním kloubu s extenzí kolene a fixací os sacrum, druhý terapeut vede pohyblivé rameno goniometru rovnoběžně s osou femuru. [20]



Obrázek č. 10 – Goniometrie flexe [20]



Obrázek č. 11 – Goniometrie extenze [20]

Měření probíhalo na základě těchto pravidel:

- Zvolená poloha se během měření neměnila.
- Nejdříve byl proveden pasivní pohyb do určitého směru 3krát a poté byla končetina vrácena do neutrálního postavení.
- První terapeut přiložil osu goniometru do osy pohybu.
- Jedno rameno goniometru bylo přiloženo rovnoběžně s nepohyblivou částí těla a druhé rameno goniometru bylo přiloženo rovnoběžně s pohybující se částí těla.
- Goniometr byl přiložen lehkým dotykem k tělu.
- Druhý terapeut pasivně uvedl končetinu do maximálního možného rozsahu a druhý terapeut vedl pohyblivé rameno rovnoběžně s pohybující se částí těla.
- Hodnota naměřená v maximálním pasivním rozsahu byla zanesena do záznamového archu. [20]

4.3.1.2 Beightonovo skóre

Beightonův test slouží k diagnostice konstituční hypermobility. Jedná se o dostupný způsob vyšetření, používaný mezinárodně. Pro naše potřeby byl vytvořen záznamový arch, kde jsou popsány jednotlivé testovací polohy a příslušné ohodnocení každého probanda.

K hodnocení se používá škála bodů s hodnotou 0–9 b. Test se skládá z pěti poloh, čtyři polohy se využívají na pravou i levou stranu těla a jedna poloha je určena pro celé tělo. Pokud je pacient schopen dosáhnout předepsané polohy, je výsledek pozitivní a získává 1 b. Pokud polohy nedosáhne, je výsledek negativní a poloha je hodnocená 0 b. Následně se body sečtou a vyhodnotí. Pokud je skóre rovno 4 b. nebo je vyšší, jedná se o zvýšenou kloubní pohyblivost. [11, 46]

Testovací polohy (obr. 12):

1. Pacient provede maximální extenzi v loketním kloubu. Pokud je dosaženo hyperextenze nad 10° , je výsledek pozitivní. Pokud je pozitivní výsledek u jedné horní končetiny, hodnotíme 1 b., pokud je výsledek pozitivní u obou HKK, hodnotíme 2 b.
2. Pacient uvede vlastní malík v MP kloubu do extenze, pokud je extenze větší než 90° , je výsledek pozitivní. Pokud je pozitivní výsledek u jedné horní končetiny, hodnotíme 1 b., pokud je výsledek pozitivní u obou HKK, hodnotíme 2 b.
3. Pacient provede flexi zápěstního kloubu a pokusí se dotknout palcem ruky volární strany předloktí. Pokud se dotkne, je výsledek pozitivní. Pokud je pozitivní výsledek u jedné horní končetiny, hodnotíme 1 b., pokud je výsledek pozitivní u obou HKK, hodnotíme 2 b.
4. Pacient provede extenzi kolenního kloubu. Pokud dosáhne hyperextenze nad 10° , je výsledek pozitivní. Pokud je pozitivní výsledek u jedné dolní končetiny, hodnotíme 1 b., pokud je výsledek pozitivní u obou DKK, hodnotíme 2 b.
5. Pacient provede flexi trupu a svěsí horní končetiny k zemi. Pokud obě dlaně dosáhnou na podložku, hodnotíme 1 b. [11, 51]



Obrázek č. 12 – Beightonovo skóre – měření [51]

4.3.2 Metody pro měření svalové síly – dynamometr HUMAC NORM

Tento isokinetický dynamometr byl vyvinut společností Computer Sports Medicine Inc. Společnost pocházející ze státu Massachusetts se zabývá vývojem isokinetických přístrojů od roku 1980 (obr. 13). [9]

Přístroj se skládá z polohovatelného křesla s pohyblivými komponenty pro horní i dolní končetiny. Celý přístroj je napojen na počítačový software nabízející 7 variant programů pro měření a případně i terapii:

- 1) Pasivní mód – slouží jak k vyšetření pohybového rozsahu, tak i k terapii. Dokáže využít jednoduchý pohyb v jednom kloubu, ale zvládne provést i náročnější pohybové kombinace – např. diagonály dle konceptu PNF.
- 2) Isometrický mód – performuje testy isometrické síly pro jeden či více kloubů. Lze využít také k terapii.
- 3) Isotonický mód – je využíván k neuromuskulární facilitaci střídáním koncentrické a excentrické kontrakce.

- 4) Isokinetický mód – měří hodnoty během isokinetického pohybu. Opět se využívá i pro terapii.
- 5) Mód her – jedná se o program, při kterém dochází ke zlepšování svalové síly a propriocepce.
- 6) Polohocit – je využíván pro diagnostiku a reedukaci polohocitu pomocí pasivního nebo aktivního programu.
- 7) Pohybocit – je využíván pro diagnostiku a reedukaci pohybocitu pomocí pasivního nebo aktivního programu. [9]

V přístroji je přednastaveno celkem 42 programů, z nichž 22 je pro izolovaný pohyb a 20 je pro pohyb kombinovaný (obr. 14). Pohybové vzorce jsou pro klouby ramenní, loketní, zápěstní, kyčelní, kolenní, hlezenní a pro páteř. Program také nabízí možnost vytvoření vlastního pohybového vzorce. Na výběr jsou pohyby ramene, lokte, předloktí, zápěstního, hlezenního, kolenního a kyčelního kloubu. K dispozici jsou úhlové rychlosti od 1–500°/s (obr. 15) a rozsahy pohybu jsou nastavitelné dle fyziologických parametrů. Další zajímavostí je možnost rozšíření o externí doplňky jako například vzorová tyč, kterou lze využít pro simulaci pohybu při hře hokeje nebo třeba zametání. [9, 10]

V zájmu snížení rizika poškození pohybového aparátu během měření, měla by se nejdříve odebrat anamnéza, měl by být změřený aktivní i pasivní rozsah příslušného segmentu, daný segment by neměl být bolestivý v klidu ani při pohybu. Po zjištění těchto informací se určují indikace a kontraindikace pro daného pacienta. [9, 10]



Obrázek č. 13 – CSMI CYBEX HUMAC NORM [9]

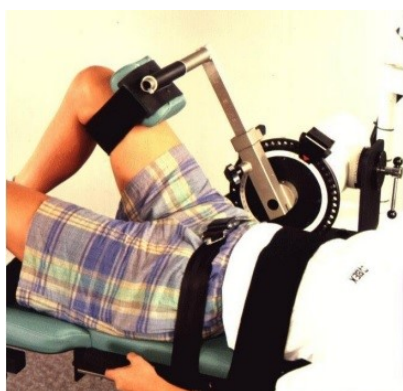
Joint	Motion	Specifier
▶ Ankle	Inversion/Eversion	
Ankle	Plantarflexion/Dorsiflexion	Prone
Ankle	Plantarflexion/Dorsiflexion	Supine
Elbow	Extension/Flexion	
Forearm	Pronation/Supination	
Hip	Abduction/Adduction	
Hip	Flexion/Extension	
Hip	Internal Rotation/External Rot:	
Knee	Extension/Flexion	
Knee	Extension/Flexion	Prone
Knee	Internal Rotation/External Rot:	
Shoulder	Abduction/Adduction	
Shoulder	Abduction/Adduction	Internal

Obrázek č. 14 – Přednastavené programy [9]

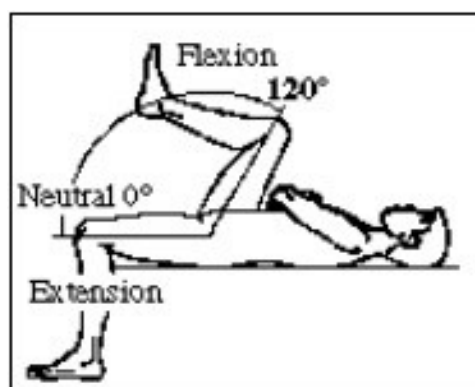
Mode	Setting	Termination	Set Rest
Isokinetic Con/Con	60 - 60 deg/sec	5 Reps	10 sec
▶ Isokinetic Con/Con	180 - 180 deg/sec	5 Reps	10 sec
Isokinetic Con/Con	240 - 240 deg/sec	15 Reps	10 sec

Obrázek č. 15 – Výběr úhlové rychlosti [9]

Nejdříve byly probandky změřeny pomocí goniometru a poté byl u každé proveden Beightonův test hypermobility. Když byly odebrány informace o rozsahu pohybu, mohlo se přistoupit k přípravě před měřením svalové síly formou zahřátí a dynamického strečinku a následně k samotnému měření svalové síly. Jako testovací pohyb byla zvolena flexe (obr. 16, 17) a extenze v kyčelním kloubu v různých úhlových rychlostech. Během tréninku i při závodním výkonu se tento jednoduchý pohyb objevuje často ve formě tzv. high leg kicků, nebo při tréninkové přípravě ve formě švihů vleže na zádech. Různé úhlové rychlosti byly zvoleny proto, že při tréninku probandky provádějí jak rychlé švihové pohyby, tak pohyby v pomalé rychlosti i ve statických polohách. Protokol měření byl nastaven na pohyb v kyčelním kloubu v sagitální rovině v rozsahu 0°–120° pro flexi a zpět do 0° pro extenzi. Bylo použito 7 rychlostních variant – 60°/s, 120°/s, 180°/s, 240°/s, 300°/s, 400°/s a 500°/s a u každé proběhla 2 opakování, přičemž do záznamu byl zanesen údaj s větší hodnotou momentu síly.



Obrázek č. 16 – Poloha při měření CYBEX [9]



Obrázek č. 17 – Poloha při měření CYBEX [9]

Výsledky měření svalové síly byly programem zpracovány do výstupního protokolu „Dlouhá zpráva Točivý moment vs. Poloha“. Jedná se o mnohostránkovou

zprávu obsahující graf a numerické výsledky parametrů točivého momentu v závislosti na poloze. [10]

4.3.3 Subjektivní hodnocení trenéra

K subjektivnímu hodnocení trenéra byl vytvořen systém známkování stupnice 1–5. Trenér každému probandovi udělil celkovou známku na základě vlastního subjektivního hodnocení těchto parametrů:

- Držení těla
- Výkonnostní úroveň závodníka
- Technické provedení prvků
- Pohybový projev

4.4 Analýza dat

Data z goniometrického měření, Beightonova měření a měření na isokinetickém dynamometru byla přenesena do programu Microsoft Excel. Poté byla data zpracována do grafů a u některých byl proveden výpočet aritmetického průměru s jejich směrodatnou odchylkou.

4.5 Vymezení výsledků výzkumu

Výsledky výzkumu jsou platné pro závodnice sportovního aerobiku ve věkovém rozhraní 13 až 17 let v první výkonnostní třídě, s určitou dobou tréninku a výkonnostní úrovní, bez patologie pohybového aparátu a jiných zdravotních obtíží.

4.6 Omezení výsledků výzkumu

Výzkum je omezen použitím goniometrického vyšetření, Beightonovým skóre a použitím isokinetického dynamometru.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky jednotlivých probandů

Proband 1

U probanda 1 můžeme pozorovat identické goniometrické hodnoty u obou dolních končetin. Beightonovo skóre dosahuje hodnoty 7 a hodnocení trenéra je druhá nejvyšší možná známka. Točivý moment při úhlové rychlosti 60°/s dominuje především u extensorů, které činí 269,5 % tělesné váhy. Při úhlové rychlosti 500°/s pozorujeme dominanci flexorů kyčelního kloubu (tab. 3).

Proband 1		
Goniometrie – PDK	S 25-0-145	
Goniometrie – LDK	S 25-0-145	
Beighton skóre	7	
Hodnocení trenéra	2	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/\text{s}$	269,5	206
$\omega=240^\circ/\text{s}$	123	117,5
$\omega=500^\circ/\text{s}$	86	110

Tabulka č. 3 – Proband 1

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [°/s] – stupně za sekundu

Proband 2

U probanda 2 sledujeme nízké hodnoty především při goniometrickém vyšetření extenze v kyčelním kloubu. Beightonovo skóre dosahuje hodnoty 5 a hodnocení trenéra je druhá nejvyšší možná známka. U tohoto probanda došlo k dominanci flexorů nad extensory kyčle již ve stupňové rychlosti 240°/s (tab. 4).

Proband 2		
Goniometrie – PDK	S 5-0-135	
Goniometrie – LDK	S 4-0-128	
Beighton skóre	5	
Hodnocení trenéra	2	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/\text{s}$	242,5	188
$\omega=240^\circ/\text{s}$	122	125
$\omega=500^\circ/\text{s}$	76	102,5

Tabulka č. 4 – Proband 2

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [°/s] – stupně za sekundu

Proband 3

Proband 3 má hraniční hodnotu extenze kyčelního kloubu u pravé dolní končetiny. Beightonovo skóre má hodnotu 6 a hodnocení trenéra je nejvyšší možná známka. Převaha flexorů nad extensory je u tohoto probanda až v nejvyšší stupňové rychlosti (tab. 5).

Proband 3		
Goniometrie – PDK	S 30-0-150	
Goniometrie – LDK	S 28-0-150	
Beighton skóre	6	
Hodnocení trenéra	1	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/s$	272,5	219
$\omega=240^\circ/s$	147,5	125
$\omega=500^\circ/s$	67	95

Tabulka č. 5 – Proband 3

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [$^\circ/s$] – stupně za sekundu

Proband 4

Proband 4 dosáhl hodnoty 6 Beightonova skóre, ohodnocen byl známkou 1. Během extenze v úhlové rychlosti $60^\circ/s$ dosáhl 380 % tělesné váhy, což se řadí mezi největší hodnoty tohoto měření. I přesto se poměr zapojení flexorů a extensorů v nejvyšší úhlové rychlosti změnil ve prospěch flexorů (tab. 6).

Proband 4		
Goniometrie – PDK	S 17-0-132	
Goniometrie – LDK	S 17-0-140	
Beighton skóre	6	
Hodnocení trenéra	1	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/s$	380	213,5
$\omega=240^\circ/s$	141,5	119
$\omega=500^\circ/s$	58,5	98

Tabulka č. 6 – Proband 4

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [$^\circ/s$] – stupně za sekundu

Proband 5

Proband 5 dosáhl hodnoty 8 Beightonova skóre, což je ve skupině nejvyšší hodnota. Trenér mu udělil známku 3,5. Převaha flexorů nad extensory byla u tohoto probanda již při střední úhlové rychlosti (tab. 7).

Proband 5		
Goniometrie – PDK	S 25-0-138	
Goniometrie – LDK	S 22-0-137	
Beighton skóre	8	
Hodnocení trenéra	3,5	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/s$	250	201,5
$\omega=240^\circ/s$	107	113
$\omega=500^\circ/s$	60	99,5

Tabulka č. 7 – Proband 5

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [$^\circ/s$] – stupně za sekundu

Proband 6

Proband 6 dosáhl hodnoty 4 Beightonova skóre, trenér mu udělil známku 3,5. Při nejnižší úhlové rychlosti dosáhl velice vysokých výsledků při extenzi kyčle. Poměr zapojení flexorů a extensorů se změnil v nejvyšší úhlové rychlosti ve prospěch flexorů (tab. 8).

Proband 6		
Goniometrie – PDK	S 14-0-134	
Goniometrie – LDK	S 12-0-136	
Beighton skóre	4	
Hodnocení trenéra	3,5	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/s$	360,5	245,5
$\omega=240^\circ/s$	220,5	167
$\omega=500^\circ/s$	76	107

Tabulka č. 8 – Proband 6

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [$^\circ/s$] – stupně za sekundu

Proband 7

Proband 7 dosáhl hodnoty 7 Beightonova skóre a trenér mu udělil známku 3,5. Poměr flexorů a extensorů je při střední úhlové rychlosti téměř vyrovnaný a v nejvyšší úhlové rychlosti je zde opět převaha flexorů nad extensory (tab. 9).

Proband 7		
Goniometrie – PDK	S 25-0-132	
Goniometrie – LDK	S 21-0-131	
Beighton skóre	8	
Hodnocení trenéra	3,5	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/s$	316	220,5
$\omega=240^\circ/s$	167	153,5
$\omega=500^\circ/s$	63	105,5

Tabulka č. 9 – Proband 7

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [$^\circ/s$] – stupně za sekundu

Proband 8

Proband 8 dosáhl hodnoty 8 Beightonova skóre, trenér mu udělil známku 4,5. Hodnoty točivého momentu v nejnižší úhlové rychlosti jsou oproti ostatním probandům mírně nižší. Poměry zapojení flexorů a extensorů jsou ve střední úhlové rychlosti velmi podobné (tab. 10).

Proband 8		
Goniometrie – PDK	S 17-0-142	
Goniometrie – LDK	S 20-0-130	
Beighton skóre	8	
Hodnocení trenéra	4,5	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/s$	203	174,5
$\omega=240^\circ/s$	96,5	102,5
$\omega=500^\circ/s$	57	90,5

Tabulka č. 10 – Proband 8

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [$^\circ/s$] – stupně za sekundu

Proband 9

Proband 9 jako jediný dosáhl hodnoty 3 Beightonova skóre, což neznačí konstituční hypermobilitu. I přesto mu byla trenérem udělena známka 3. Poměr točivého momentu flexorů a extensorů v nejvyšší úhlové rychlosti není tak rozdílný, jako je tomu u ostatních probandů (tab. 11).

Proband 9		
Goniometrie – PDK	S 11-0-142	
Goniometrie – LDK	S 14-0-142	
Beighton skóre	3	
Hodnocení trenéra	3	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/s$	235	191
$\omega=240^\circ/s$	152	122
$\omega=500^\circ/s$	81,5	99,5

Tabulka č. 11 – Proband 9

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [$^\circ/s$] – stupně za sekundu

Proband 10

Proband 10 dosáhl hodnoty 7 Beightonova skóre, a ačkoli má nejnižší hodnoty točivých momentů z celé skupiny, byla mu trenérem udělena známka 2,5. Převaha hodnoty točivého momentu flexorů je u tohoto probanda již u rychlosti $240^\circ/s$ (tab. 12).

Proband 10		
Goniometrie – PDK	S 11-0-134	
Goniometrie – LDK	S 11-0-135	
Beighton skóre	7	
Hodnocení trenéra	2,5	
Točivý moment %BW	extensory	flexory
$\omega=60^\circ/s$	192,5	171,5
$\omega=240^\circ/s$	61,5	92,5
$\omega=500^\circ/s$	57	99,5

Tabulka č. 12 – Proband 10

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, S – sagitální rovina, %BW – procenta tělesné váhy, ω – úhlová rychlost, [$^\circ/s$] – stupně za sekundu

5.2 Výsledky měření kloubního rozsahu

Určit, zda naměřené hodnoty kloubního rozsahu v kyčelním kloubu přesahují fyziologickou mez, lze za předpokladu, že zvolíme jednoho z autorů, který fyziologický rozsah pohybu popisuje. Pokud bychom porovnávali naměřené výsledky (tab. 13) dle Kapandjiho, který udává fyziologický rozsah flexe v kyčelním kloubu do 120° a extenze do 30°, tak budou modře označené výsledky platit pro zvýšený rozsah v kyčelním kloubu. Pro flexi v kyčelním kloubu lze tedy konstatovat, že všichni probandi dosáhli hodnot nad 120°, což se ovšem ani u jednoho probanda nedá říci u extenze v kyčelním kloubu. [27]

Goniometrické vyšetření kloubního rozsahu kyčelního kloubu v sagitální rovině				
	PDK – flexe (°)	LDK – flexe (°)	PDK – extenze (°)	LDK – extenze (°)
proband 1	145	145	25	25
proband 2	135	128	5	4
proband 3	150	150	30	28
proband 4	132	140	17	17
proband 5	138	137	25	22
proband 6	134	136	14	12
proband 7	132	131	25	21
proband 8	142	130	17	20
proband 9	142	142	11	14
proband 10	134	135	11	11

Tabulka č. 13 – Goniometrické vyšetření kloubního rozsahu v sagitální rovině ve stupních

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina

5.3 Výsledky – Beightonovo skóre

Při vyšetření Beightonova skóre bylo zjištěno, že 90 % probandů má konstituční hypermobilitu (tab. 14). Modře vyznačená pole značí skóre 4 nebo více, označující konstituční hypermobilitu. Pouze jedna probandka dosáhla hodnoty 3, kdy není považována za hypermobilní. Jedna probandka dosáhla skóre 4, jedna dosáhla skóre 5, dvě probandky dosáhly skóre 6, další dvě probandky dosáhly skóre 7 a tři probandky dosáhly skóre 8.

Beightonovo skóre	
Proband	Skóre
proband 1	7
proband 2	5
proband 3	6
proband 4	6
proband 5	8
proband 6	4
proband 7	8
proband 8	8
proband 9	3
proband 10	7

Tabulka č. 14 – Beightonovo skóre

5.4 Výsledky měření parametrů svalové síly

Z měření parametrů svalové síly byl vybrán točivý moment (moment síly) hodnocený v jednotkách newton metr (tab. 15 až 21). Bylo zvoleno 7 úhlových rychlostí. Kromě hodnoty v jednotkách N.m je zde také hodnota popisující procento točivého momentu, vztažené k celkové váze těla (%BW).

Moment síly [N.m] – $\omega=60^\circ/s$								
	extensory kyčle				flexory kyčle			
	PDK		LDK		PDK		LDK	
	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW
Proband 1	102	265	104	274	79	206	79	206
Proband 2	110	250	104	235	88	200	77	176
Proband 3	142	310	108	235	94	203	108	235
Proband 4	233	393	217	367	130	221	122	206
Proband 5	134	235	151	265	113	197	117	206
Proband 6	225	393	187	328	146	256	136	235
Proband 7	195	328	180	304	127	215	136	226
Proband 8	108	206	106	200	91	173	92	176
Proband 9	103	232	106	238	85	194	83	188
Proband 10	94	197	89	188	80	167	84	176

Tabulka č. 15 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=60^\circ/s$

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, [N.m] – newton metr, %BW – procenta tělesné váhy

Moment síly [N.m] – $\omega=120^\circ/s$								
	extensory kyčle				flexory kyčle			
	PDK		LDK		PDK		LDK	
	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW
Proband 1	83	218	91	238	64	167	69	182
Proband 2	89	203	76	173	79	179	62	140
Proband 3	110	238	99	215	80	173	85	185
Proband 4	132	224	186	313	107	182	119	203
Proband 5	113	197	123	218	103	182	100	176
Proband 6	190	331	152	265	123	215	102	179
Proband 7	152	253	132	221	103	173	108	182
Proband 8	83	158	94	176	79	149	87	164
Proband 9	73	167	104	235	66	152	61	137
Proband 10	38	80	47	98	54	113	58	122

Tabulka č. 16 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=120^\circ/s$

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, [N.m] – newton metr,
%BW – procenta tělesné váhy

Moment síly [N.m] – $\omega=180^\circ/s$								
	extensory kyčle				flexory kyčle			
	PDK		LDK		PDK		LDK	
	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW
Proband 1	60	155	72	188	60	155	64	167
Proband 2	80	182	72	164	72	164	64	143
Proband 3	79	170	71	152	65	143	77	167
Proband 4	106	179	123	209	102	173	96	164
Proband 5	83	146	95	167	72	125	88	155
Proband 6	153	268	137	238	118	206	96	167
Proband 7	83	140	126	212	89	149	111	188
Proband 8	75	140	69	131	68	128	76	143
Proband 9	66	152	80	182	53	119	61	137
Proband 10	35	75	52	107	47	98	61	128

Tabulka č. 17 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=180^\circ/s$

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, [N.m] – newton metr,
%BW – procenta tělesné váhy

Moment síly [N.m] – $\omega=240^\circ/s$								
	extensory kyčle				flexory kyčle			
	PDK		LDK		PDK		LDK	
	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW
Proband 1	38	97	57	149	42	110	47	125
Proband 2	64	143	45	101	60	134	52	116
Proband 3	71	152	65	143	52	113	62	137
Proband 4	68	113	100	170	68	113	73	125
Proband 5	65	113	58	101	64	113	64	113
Proband 6	149	259	104	182	104	182	87	152
Proband 7	108	182	91	152	84	140	100	167
Proband 8	52	98	50	95	53	101	56	104
Proband 9	57	128	77	176	50	113	58	131
Proband 10	23	48	35	75	33	69	56	116

Tabulka č. 18 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=240^\circ/s$
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, [N.m] – newton metr,
%BW – procenta tělesné váhy

Moment síly [N.m] – $\omega=300^\circ/s$								
	extensory kyčle				flexory kyčle			
	PDK		LDK		PDK		LDK	
	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW
Proband 1	37	95	45	116	41	107	45	116
Proband 2	57	128	35	80	47	107	45	101
Proband 3	52	113	52	113	37	80	52	113
Proband 4	39	66	60	101	58	98	61	104
Proband 5	49	86	33	57	52	89	57	101
Proband 6	100	176	92	161	79	137	71	122
Proband 7	75	125	62	104	58	98	69	116
Proband 8	35	66	42	80	42	80	53	101
Proband 9	53	119	72	164	41	92	49	110
Proband 10	19	39	38	80	35	75	54	113

Tabulka č. 19 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=300^\circ/s$
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, [N.m] – newton metr,
%BW – procenta tělesné váhy

Moment síly [N.m] – $\omega=400^\circ/s$								
	extensory kyčle				flexory kyčle			
	PDK		LDK		PDK		LDK	
	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW
Proband 1	27	72	33	86	38	98	43	113
Proband 2	33	75	31	72	42	95	43	98
Proband 3	26	57	38	83	37	80	49	107
Proband 4	38	66	37	63	58	98	71	119
Proband 5	30	54	33	57	53	92	58	101
Proband 6	60	104	56	98	61	107	56	98
Proband 7	38	63	39	66	56	92	71	119
Proband 8	30	57	49	92	42	80	53	101
Proband 9	38	86	53	119	39	89	49	110
Proband 10	20	42	38	80	35	75	58	122

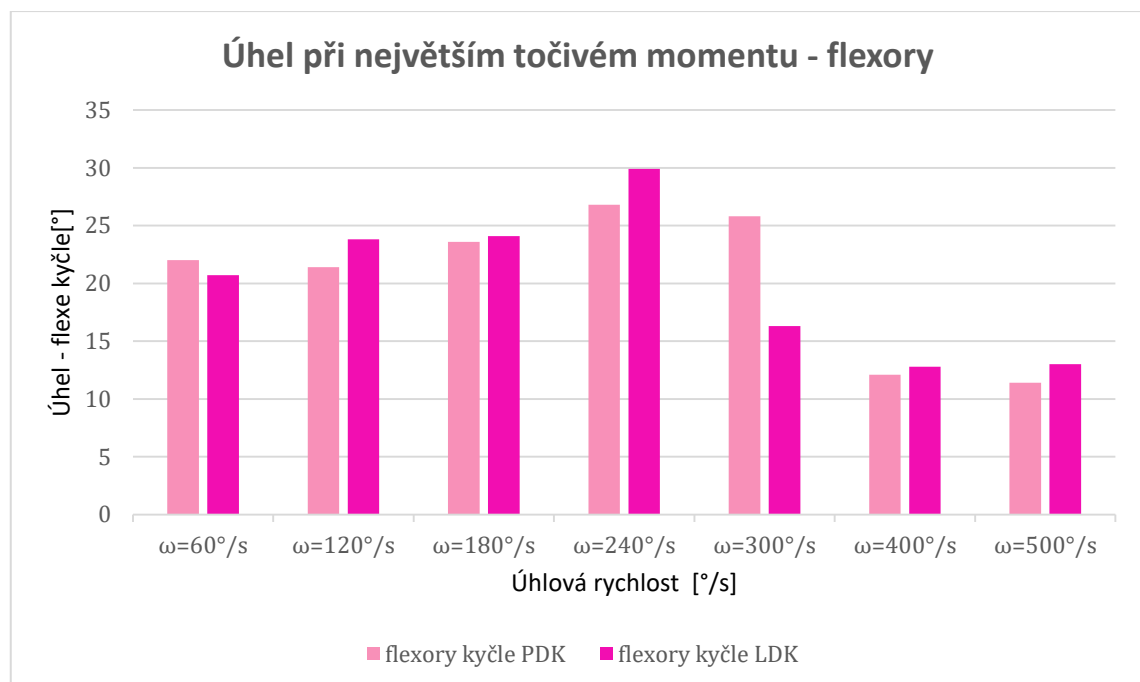
Tabulka č. 20 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=400^\circ/s$
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, [N.m] – newton metr,
%BW – procenta tělesné váhy

Moment síly [N.m] – $\omega=500^\circ/s$								
	extensory kyčle				flexory kyčle			
	PDK		LDK		PDK		LDK	
	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW	[N.m]	%BW
Proband 1	31	80	35	92	42	110	42	110
Proband 2	34	77	33	75	43	98	47	107
Proband 3	26	57	35	77	38	83	49	107
Proband 4	31	54	37	63	65	110	52	86
Proband 5	37	66	31	54	54	95	60	104
Proband 6	42	75	45	77	62	110	60	104
Proband 7	38	63	37	63	57	95	69	116
Proband 8	26	48	34	66	42	80	54	101
Proband 9	34	77	38	86	39	89	49	110
Proband 10	19	39	35	75	39	83	56	116

Tabulka č. 21 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=500^\circ/s$
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, [N.m] – newton metr,
%BW – procenta tělesné váhy

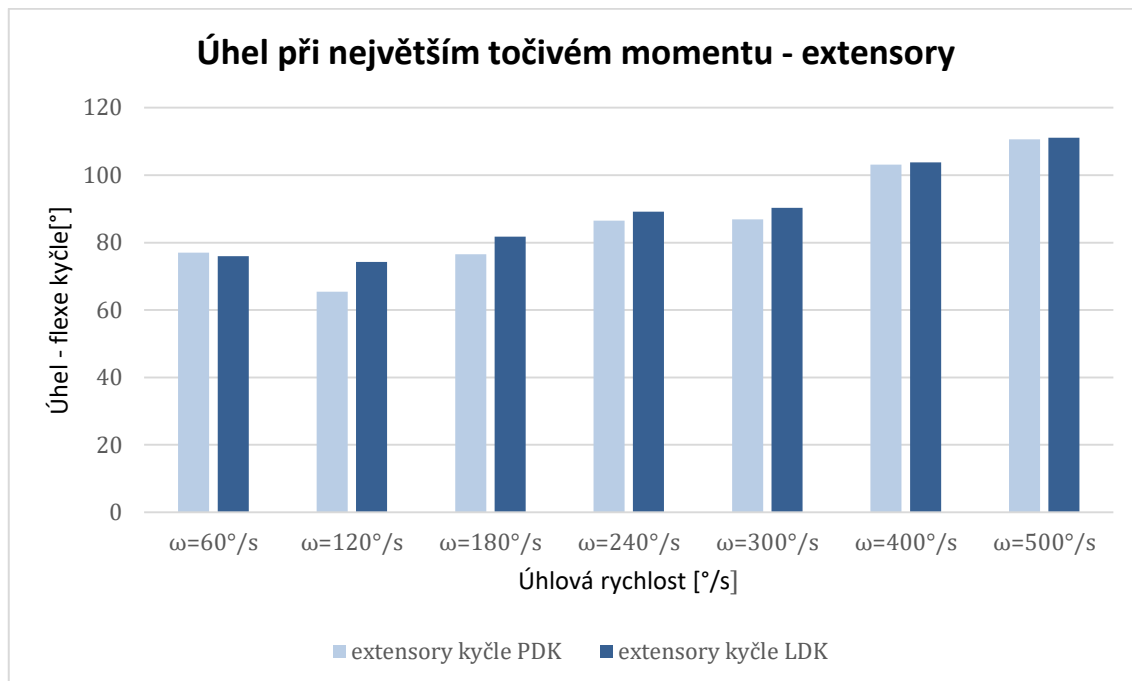
5.5 Výsledky – úhel při největším točivém momentu

Hodnoty úhlu, při kterém je vyvinut největší točivý moment, se při každé úhlové rychlosti mění. U flexorů kyčelního kloubu lze pozorovat, že v úhlových rychlostech 60–240°/s se postupně, při kterých byl vyvinut největší točivý moment, pohybují v rozsahu mezi 20°–30° flexe kyčelního kloubu, s tím, že se úhel postupně zvyšuje. Když se podíváme na úhlovou rychlost 300–500°/s, můžeme pozorovat, že se postupně úhel při největším vyvinutí točivého momentu snižuje až k rozsahu 11,4° flexe kyčelního kloubu (graf č. 1).



*Graf č. 1 – Úhel při největším točivém momentu – flexory
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, ω – úhlová rychlost,
[°] – jednotka stupeň, [°/s] – stupně za sekundu*

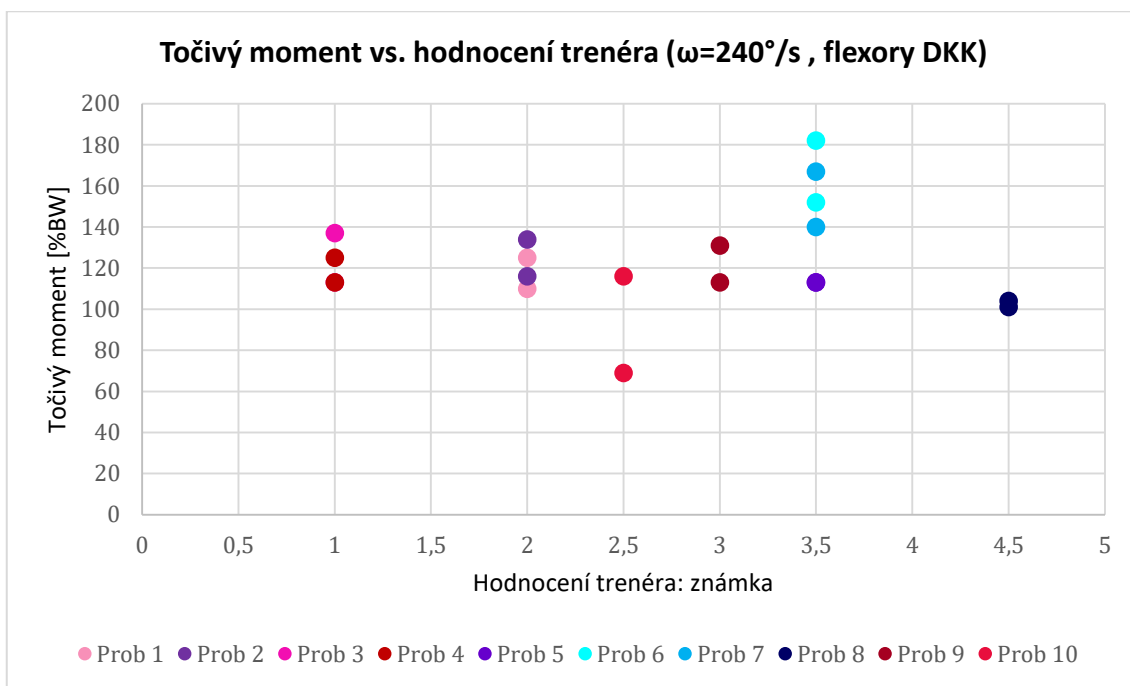
Během extenze v kyčelním kloubu (pohyb vychází z polohy 120° flexe v kyčelním kloubu a končí v nulovém postavení) lze sledovat, že se úhel při největším točivém momentu zvyšuje, tzn. že při vyšších rychlostech se největší točivý moment děje v poloze stále blíže k poloze výchozí. Nejmenší úhel můžeme pozorovat u rychlosti 120°/s, a to konkrétně úhel 65,4°, naopak největší úhel byl při úhlové rychlosti 500°/s a tento úhel měl hodnotu 111,1° (graf č. 2).



*Graf č. 2 – Úhel při největším točivém momentu – extensory
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, ω – úhlová rychlost,
[$^{\circ}$] – jednotka stupeň, [$^{\circ}/s$] – stupně za sekundu*

5.6 Vztah naměřených hodnot se subjektivním hodnocením trenéra

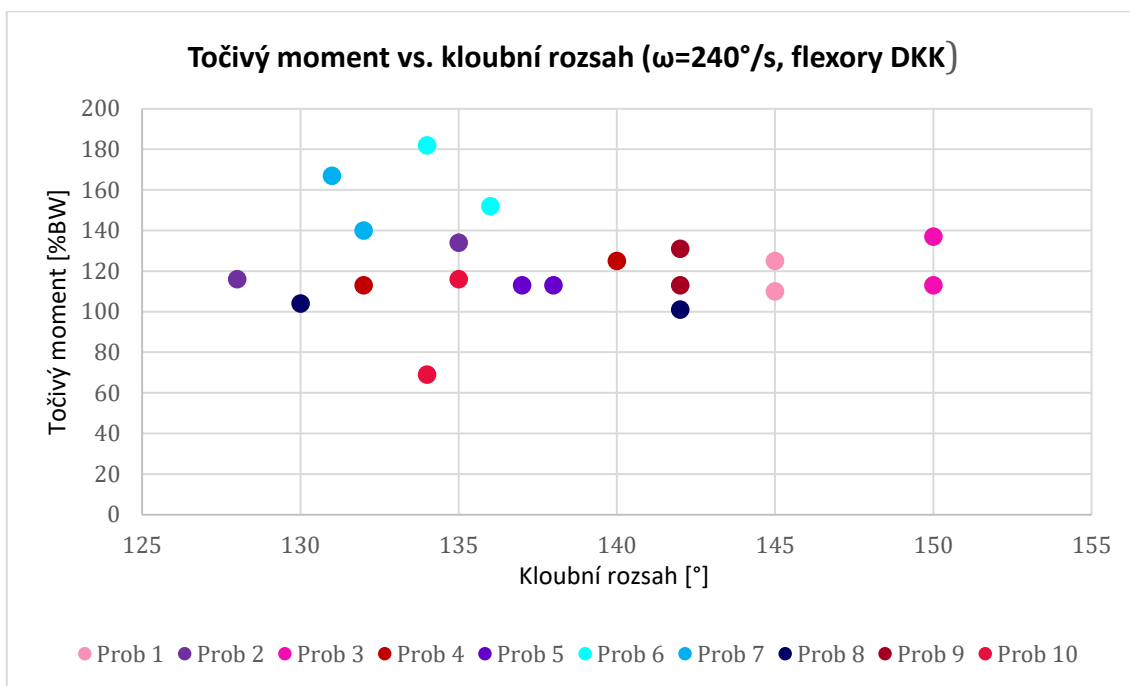
Po grafickém zpracování výsledků naměřených hodnot isokinetického pohybu se subjektivním hodnocením trenéra nebyla nalezena závislost. Příklad je uveden v grafu č. 3, kde byla srovnána hodnota točivého momentu flexorů kyčelního kloubu v [%BW] se subjektivním hodnocením trenéra, konkrétně při úhlové rychlosti $\omega=240^{\circ}/s$. Srovnání flexorů a extensorů s hodnocením trenéra v ostatních úhlových rychlostech dopadlo obdobně – bez prokazatelné korelace.



*Graf č. 3 – Točivý moment vs. hodnocení trenéra
 Prob – proband, [%BW] – jednotka použití svalové síly v procentech tělesné váhy,
 DKK – dolní končetiny*

5.7 Vztah mezi parametry svalové síly a kloubním rozsahem

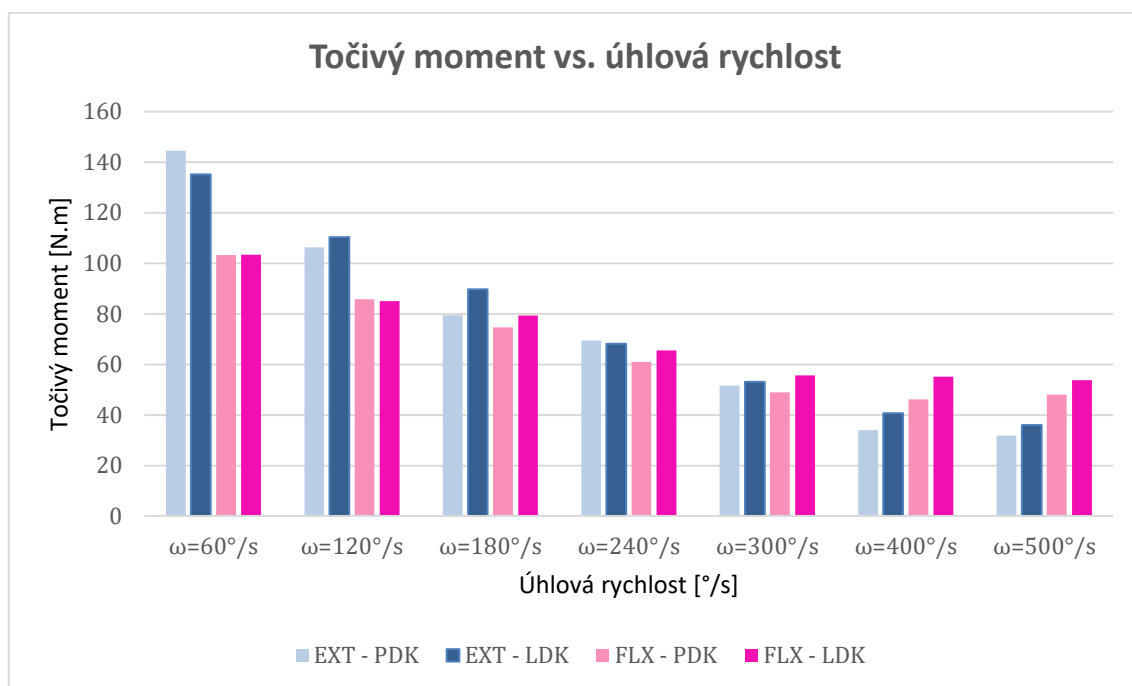
Po grafickém zpracování výsledků naměřených hodnot isokinetického pohybu s hodnotami pasivního kloubního rozsahu nebyla nalezena závislost. Příklad je uveden v grafu č. 4, kde byla srovnána hodnota točivého momentu flexorů kyčelního kloubu v [%BW] s naměřeným kloubním rozsahem do flexe v kyčelním kloubu, konkrétně při úhlové rychlosti $\omega=240^\circ/s$. Srovnání flexorů a extenzorů s naměřenými rozsahy pohybu v ostatních úhlových rychlostech dopadlo obdobně – bez prokazatelné korelace.



*Graf č. 4 – Točivý moment vs. kloubní rozsah
 Prob – proband, [%BW] – jednotka použití svalové síly v procentech tělesné váhy,
 [°] – stupně kloubního rozsahu, DKK – dolní končetiny*

5.8 Vztah mezi parametry svalové síly a úhlovou rychlostí

Při zpracování naměřených průměrných hodnot točivého momentu v různých úhlových rychlostech bylo zjištěno, že čím vyšší je úhlová rychlost, tím více se snižuje nárok použití síly v točivém momentu (graf č. 5). Hodnoty točivého momentu u každé úhlové rychlosti jsou průměrné hodnoty celé skupiny. Další zjištěná závislost byla závislost poměru zapojení flexorů a extensorů v různých úhlových rychlostech, popsána v následujícím oddíle.



Graf č. 5 – Točivý moment vs. úhlová rychlost
[N.m] – newton metr, [°/s] – stupně za sekundu, EXT – extensory, FLX – flexory,
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina

5.9 Poměr zapojení flexorů a extensorů vzhledem k úhlové rychlosti

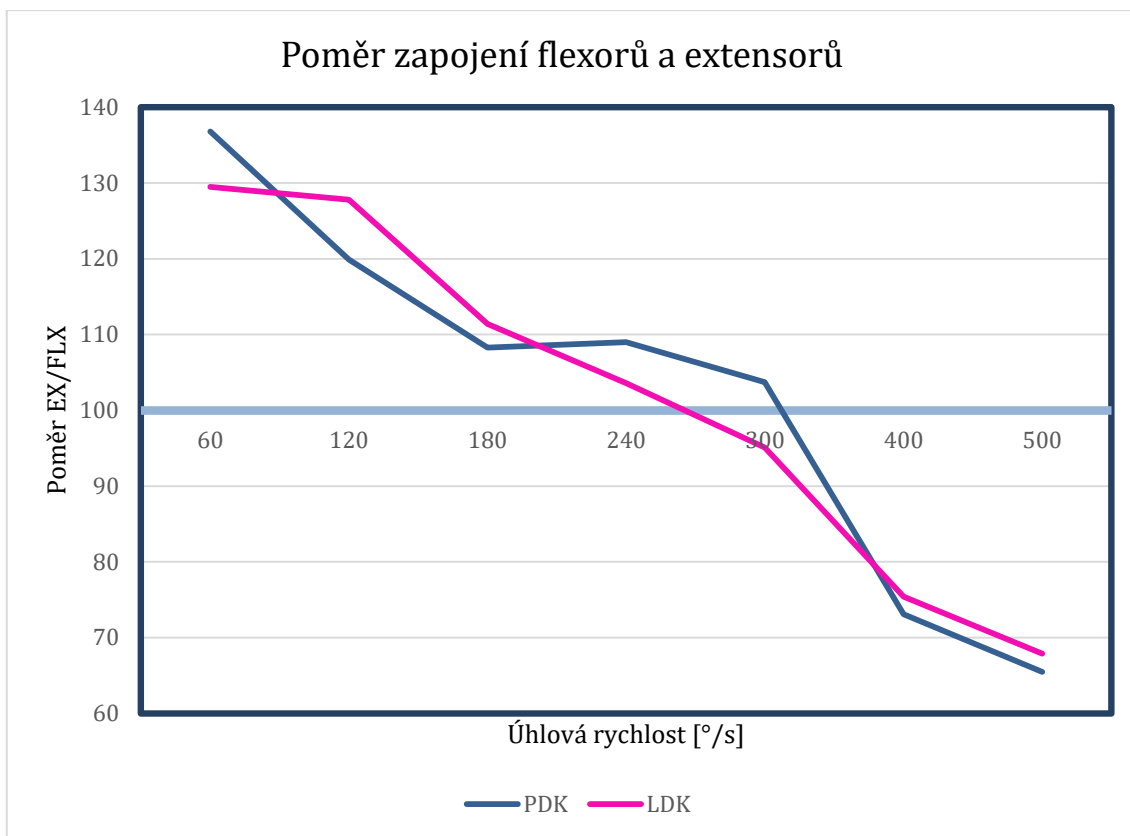
Dle výsledků měření lze pozorovat zajímavý trend v hodnotách poměru zapojování flexorů a extensorů. Hodnoty nad 100 ukazují na skutečnost, že v dané úhlové rychlosti byl vyvinut větší točivý moment při zapojení extensorů kyčelního kloubu. Hodnoty nižší než 100 ukazují, že při dané úhlové rychlosti byl vyvinut větší točivý moment u flexorů kyčelního kloubu. V tabulce (č. 22) je převaha extensorů znázorněna modře a převaha flexorů růžově.

Poměry zapojení flexorů a extensorů v různých úhlových rychlostech														
P	$\omega=60^\circ/s$		$\omega=120^\circ/s$		$\omega=180^\circ/s$		$\omega=240^\circ/s$		$\omega=300^\circ/s$		$\omega=400^\circ/s$		$\omega=500^\circ/s$	
	Poměr EX/FLX		Poměr EX/FLX		Poměr EX/FLX		Poměr EX/FLX		Poměr EX/FLX		Poměr EX/FLX		Poměr EX/FLX	
	PDK	LDK	PDK	LDK	PDK	LDK	PDK	LDK	PDK	LDK	PDK	LDK	PDK	LDK
1	129	133	130	131	100	113	90	120	90	100	71	75	74	84
2	125	135	114	122	111	113	107	87	120	79	77	72	78	69
3	152	100	137	116	121	91	137	104	141	100	70	78	68	72
4	179	178	123	156	104	128	100	137	67	98	65	52	48	71
5	119	129	109	123	115	108	102	91	95	57	56	56	58	52
6	154	138	154	149	130	142	143	120	128	131	98	100	67	75
7	153	133	147	121	92	113	129	91	128	90	68	56	67	53
8	119	115	105	108	110	91	97	90	84	79	71	92	61	62
9	121	128	110	171	126	131	114	133	130	147	97	108	86	78
10	117	106	70	81	74	84	71	63	54	70	58	65	48	63
\emptyset	136,8	129,5	119,9	127,8	108,3	111,4	109	103,6	103,7	95,1	73,1	75,4	65,5	67,9

Tabulka č. 22 – Poměry zapojení flexorů a extensorů v různých úhlových rychlostech

P. – proband, ω – úhlová rychlost, EX – extensory, FLX – flexory,
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, \emptyset - průměr

V nižších úhlových rychlostech lze pozorovat větší točivý moment při zapojení extensorů kyčle, se zvyšující se úhlovou rychlostí se však hodnoty točivého momentu extensorů a flexorů mění v převahu flexorů kyčelního kloubu. Světle modrá osa hodnoty 100 dělí graf na horní a dolní kvadrant. V horním kvadrantu, tedy u hodnot nad 100, byl naměřen v určité úhlové rychlosti větší točivý moment extensorů oproti flexorům kyčelního kloubu, ve spodním kvadrantu, tedy u hodnot pod 100 byl naměřen při určité úhlové rychlosti větší točivý moment flexorů kyčelního kloubu. Hodnoty zanesené do grafu jsou průměrné hodnoty všech probandů u jednotlivých úhlových rychlostí (graf č. 6).



*Graf č. 6 – Poměr zapojení extensorů a flexorů
EX/FLX – poměr extensorů a flexorů, [°/s] – stupně za sekundu,
PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina*

6 DISKUSE

Za obecnou problematiku ve sportu je považována raná specializace jedinců pro určitý sport. Forma výběru sportu probíhá většinou variantou výběru jedince pro sport, než sportu pro jedince a bývá kritizována z kvalitativního hlediska pro pohybový aparát jedince jako nevýhodná. V tomto výzkumu jsme se zaměřili na jeden z hlavních faktorů hrající roli právě pro výběr jedince pro gymnastické sporty, a tím je hypermobilita. Ačkoli jsou jasně vymezené kontraindikace pro hypermobilní jedince, k nimž řadíme například mobilizační techniky nebo přílišné využívání metod, při kterých dochází k prodlužování tkání, při výběru nejen pro gymnastické sporty, ale například i balet a krasobruslení je hypermobilita považována za výhodu a až žádoucí vlastnost. Výběr jedince pro takto specifický sport probíhá nejčastěji v raném věku a vlastnosti pohybového aparátu, jimiž jedinec disponuje, jsou během jeho sportovní kariéry rozvíjeny. Podporování hypermobility, která oficiálně není považována za patologii, což dle mého názoru není správné, s sebou nese jistá rizika v podobě dlouhodobého přetěžování pohybového aparátu nebo zvýšeného nebezpečí úrazů. Negativní dopad na jedince, který od raného věku provádí tento druh sportu, může mít situace, kdy se rozhodne svou sportovní kariéru ukončit. Pokud je pro tento sport vybrán – dle mého názoru – již patologický jedinec ve smyslu stavu hypermobility svalové a vazivové tkáně, společně s ostatními rozvíjenými vlastnostmi (síla, obratnost, rychlost) může podávat velmi složité a náročné sportovní výkony. Když ale kariéru ukončí a ustoupí od sportovní přípravy, jeho svalstvo začne ochabovat, avšak hypermobilita nevyumizí. Nabízí se tedy otázka, v jakém stavu se bude nacházet pohybový aparát, který po skončení kariéry změní vlastnosti svalových a vazivových tkání, ale již nezmění jejich vlastnosti reologické. Proto jsme se v této studii zaměřili na výzkum určitých vlastností pohybového aparátu závodnic sportovního aerobiku, jakožto gymnastického sportu. Všechny závodnice jsou staršího školního věku a působí v nejvyšší výkonnostní třídě sportovního aerobiku. [37]

6.1 Diskuse k jednotlivým hypotézám

První hypotéza předpokládala, že u závodnic sportovního aerobiku, jakožto gymnastického sportu, bude zvýšený kloubní rozsah. Tato hypotéza se zakládá na

získaných teoretických informacích, které popisují dostatečný kloubní rozsah jako jedno kritérium a žádoucí stav, podle kterého se vybírají jednotlivci pro gymnastické sporty, a vychází z charakteru gymnastiky jako takové. Kromě samotného výběru jedince pro sport, který bývá častější než výběr sportu pro daného jedince, kdy se přihlíží k rozsahovým dispozicím jedince, tvoří značný podíl gymnastické tréninkové přípravy metody zaměřující se na protažení zkrácených svalových skupin a zvyšování kloubního rozsahu, mezi které se řadí různé formy strečinku, nebo třeba postisometrická relaxace s protažením. Vzhledem ke konkrétním požadavkům a charakteristickým prvkům gymnastiky se závodníci zaměřují na určité svalové skupiny. Sportovní aerobik má například u kyčelního kloubu, co se týče rozsahu a dynamiky, zvýšené požadavky především na flexorový aparát.

Jako první testovací metodu jsme zvolili nenáročnou a snadno opakovatelnou metodu měření kloubního rozsahu pomocí goniometrie, která je mezinárodně rozšířena a určuje rozsah pohybu v sagitální, frontální, transversální rovině a rotaci. Rozsahy jsme měřili v rovině sagitální a porovnali s fyziologickými rozsahy určenými Kapandjim, který stanovil fyziologický rozsah do flexe v kyčelním kloubu do 120° a do extenze v kyčelním kloubu do 30° . U všech probandů byl naměřen pasivní rozsah flexe kyčelního kloubu nad 120° , tudíž lze říci, že mají tento rozsah zvýšený. Naopak u pasivního rozsahu kyčelního kloubu nedosáhla ani jedna z probandek rozsahu 30° , tudíž nemůžeme říci, že by byl tento rozsah zvýšený. Předmětem diskuse zůstává, jak je možné, že mají všechny probandky rozsah pasivní flexe kyčle zvýšený a žádná nemá zvýšený rozsah pasivní extenze. Tuto skutečnost lze odůvodnit charakterem sportovního aerobiku. Ačkoliv prvky sportovního aerobiku disponují rozmanitostí a obsažené jsou pohyby do všech rovin, můžeme zde pozorovat dominanci prvků vyžadujících větší rozsah právě ve flexi kyčelního kloubu, jejichž četnost převažuje četnost prvků zahrnujících extenzi kyčelního kloubu. Během rešerše bylo nalezeno více studií, zabývajících se kloubní pohyblivostí u gymnastek, tanečnic baletu a ostatních sportů, bohužel nebyly testovány ve stejných výchozích polohách a stejnými metodami, a proto je nemůžeme porovnat s námi naměřenými výsledky. [27]

Druhá testovací metoda – Beightonovo skóre pro laxicitu pohybového aparátu – je komplexnější než konkrétní goniometrie kyčelního kloubu. Informuje nás tedy o pohybovém aparátu jako celku. Na základě naměřených výsledků této testovací metody lze říci, že pouze jedna probandka nedosáhla dostatečného skóre pro klasifikaci

hypermobility. Vyšší Beightonovo skóre popisuje zvýšenou laxicitu ve více segmentech. Vzhledem k tomu, že jsou všichni probandi v nejvyšší možné výkonnostní skupině sportovního aerobiku, dalo se předpokládat, že u tak velkého procenta (v našem případě 90 %) bude konstituční hypermobilita přítomna. Probandka č. 9 dosáhla skóre 3, což značí hypermobilitu ve třech měřených segmentech. Pokud je skóre takto nízké, jedná se o hypermobilitu lokální, u této probandky byly hypermobilní segmenty pouze u V. prstu ruky bilaterálně a u pravého loketního kloubu. Jedna probandka dosáhla skóre 4, jedna skóre 5, dvě dosáhly skóre 6, další dvě skóre 7 a tři probandky získaly skóre 8, což bylo nejvyšší skóre ve skupině.

Na základě těchto informací můžeme říci, že se hypotéza 1 – „*předpokládáme zvýšený kloubní rozsah u většiny závodnic*“ – potvrdila pro rozsahy kyčelního kloubu do flexe a na základě výsledků měření Beightonova skóre.

Druhá hypotéza předpokládá vysoké hodnoty parametrů svalové síly, konkrétně točivého momentu během pohybu flexe a extenze kyčelního kloubu. Pro tento předpoklad vycházíme z teoretických poznatků o charakteru gymnastických sportů, způsobu tréninku, kdy je síla rozvíjena pomocí statických a dynamických posilovacích metod. Posilovací metody tvoří součást gymnastické přípravy, konkrétně u sportovního aerobiku, takřka každý trénink, hlavně v období konce sezóny a krátce po něm. Těsně před začátkem sezóny je posilovací složka obsažena v přibližně 80 % tréninkové přípravy, zbylých 20 % je věnováno především přípravě choreografií, kdy se posilovací složka neobjevuje, a tréninkovým jednotkám zaměřeným na rozvíjení aerobní kondice. [17]

Měření parametru svalové síly – točivého momentu odhalilo dvě zajímavé skutečnosti. Tento parametr byl měřen pro flexi a extenzi v kyčelním kloubu. První skutečností byla hodnota točivého momentu v různých úhlových rychlostech. Čím větší byla úhlová rychlost, tím nižší točivý moment musely probandky k danému pohybu vyprodukovat. Při pomalejších úhlových rychlostech se mohou jedinci více soustředit na daný pohyb a zapojit vědomě co nejvíce motorických jednotek. Tato možnost se ale s větší úhlovou rychlostí pohybu snižuje, může to být odůvodněno mimo jiné tím, že rychlejší pohyb, který více odpovídá dynamičnosti prvků sportovního aerobiku, je pro probandky přirozenější a více automatizovaný.

Druhou skutečností byla závislost na úhlu, při kterém byl vyvinut největší točivý moment. Hodnoty tohoto úhlu se také měnily na základě úhlové rychlosti. Se zvyšující se rychlostí se úhel, při kterém byl vyvinut největší točivý moment, přibližoval blíže k výchozí poloze. Zde lze tento fakt odůvodnit přítomností více dynamického vyvinutí svalové síly a následně získané setrvačnosti, která stačila pro dokončení pohybu, aniž by musela probandka dále vyvíjet stejně velký točivý moment po celou dobu pohybu.

Tato skutečnost platí pro flexory i extensory kyčelního kloubu. Poté, co byl vypočten aritmetický průměr točivého momentu celé skupiny a byl vložen do grafu, můžeme pozorovat trend ve změně tohoto poměru. V úhlových rychlostech 60°/s a 120°/s pozorujeme vyšší hodnoty točivého momentu extensorů oproti točivému momentu flexorů. V úhlových rychlostech 180°/s, 240°/s a 300°/s je poměr točivého momentu extensorů i flexorů relativně vyrovnaný a v úhlových rychlostech 400°/s a 500°/s pozorujeme vyšší hodnoty točivého momentu flexorů oproti točivému momentu extensorů. Vzhledem k tomu, že většina prvků je ve sportovním aerobiku prováděna ve vyšších úhlových rychlostech a celkově je zde převaha flexorových prvků, lze testování v těchto úhlových rychlostech nejlépe přirovnat k prováděné praxi a odůvodnit takto naměřené výsledky.

Porovnání hodnot točivého momentu s profesionálními tanečníky baletu a námi naměřenými výsledky závodnic sportovního aerobiku zachycuje tabulka č. 23. Hodnoty točivého momentu u tanečníků baletu byly měřeny na isokinetickém dynamometru, ve stejné poloze, jen s tím rozdílem, že u tanečníků byl kloubní rozsah měření 0°–90° flexe kyčelního kloubu, u závodnic sportovního aerobiku byl kloubní rozsah měření 0°–120° flexe kyčelního kloubu. V tabulce č. 23 můžeme pozorovat, že hodnoty točivého momentu v úhlové rychlosti 60°/s dosahují hodnoty extensorů i flexorů u tanečníků baletu nejvyšších hodnot, následují hodnoty naměřené u závodnic sportovního aerobiku a poté tanečnic baletu. Naměřené hodnoty točivého momentu při stupňové rychlosti 180°/s mají u extensorů kyčelního kloubu pořadí jiné. Nejvyšších hodnot dosahují tanečníci baletu, následují tanečnice baletu a na posledním místě jsou závodnice aerobiku. U flexorů kyčelního kloubu je pořadí následující: nejvyšší hodnoty mají tanečníci baletu, následují závodnice aerobiku a poté tanečnice baletu. [38]

Při úhlové rychlosti 120°/s máme k závodnicím aerobiku k porovnání skupinu dospělých žen, průměrného věku 65,5 let (tab. 23). V této skupině je zahrnuto

25 probandů, kteří 2x týdně provozují vodní aerobik nebo gymnastiku pro seniory nebo jednoduchý silový trénink. [6]

Porovnání hodnot točivého momentu tanečnicků baletu a závodnic sportovního aerobiku					
		EXTENSORY KYČLE		FLEXORY KYČLE	
		PDK [N.m]	LDK [N.m]	PDK [N.m]	LDK [N.m]
$\omega=60^\circ/s$	balet muži	189,8	184,5	141	139,6
	balet ženy	128,8	139,6	86,7	86,7
	aerobik ženy	144,6	135,2	103,3	103,4
$\omega=120^\circ/s$	dospělé ženy	127		79	
	aerobik ženy	139,9		103,4	
$\omega=180^\circ/s$	balet muži	172,2	166,8	119,3	116,6
	balet ženy	107,1	100,3	67,8	69,1
	aerobik ženy	82	89,7	74,6	79,4

Tabulka č. 23 – Porovnání hodnot točivého momentu tanečnicků baletu, dospělých žen a závodnic sportovního aerobiku [6, 38]

PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, [N.m] – newton metr

Hodnoty točivého momentu jsme tedy mohli porovnat se dvěma dalšími studii. První studie zahrnovala skupinu 14 profesionálních tanečnic baletu a 8 profesionálních tanečnicků baletu. Studie byla zaměřena na výzkum parametru točivého momentu kyčelního kloubu ve všech třech rovinách a v úhlových rychlostech $60^\circ/s$ a $180^\circ/s$. Tento výzkum byl prováděn také na isokinetickém dynamometru a protokol měření odpovídal protokolu měření v naší studii, pouze s tím rozdílem, že ve studii zahrnující tanečnický baletu byl rozsah pro flexi v kyčelním kloubu od 0° – 90° flexe a pro extenzi v kyčelním kloubu od 90° – 0° flexe kyčelního kloubu. V naší studii se tyto hodnoty lišily, a to pro flexi v rozsahu 0° – 120° flexe v kyčelním kloubu a pro extenzi v rozsahu 120° – 0° flexe v kyčelním kloubu. Při nejnižší naměřené úhlové rychlosti $60^\circ/s$ se zařadily závodnice sportovního aerobiku jak flexory, tak extensory kyčelního kloubu za skupinu tanečnicků baletu, kteří měli hodnoty točivého momentu vyšší, a zároveň před skupinu tanečnic baletu. V úhlové rychlosti $180^\circ/s$ měli nejvyšší naměřené hodnoty točivého momentu tanečnický baletu. U extensorů kyčelního kloubu se za tanečnický zařadily tanečnice baletu a nejnižší naměřené hodnoty měly právě

závodnice sportovního aerobiku. U flexorů byly nejvyšší hodnoty naměřeny opět tanečnicím, poté závodnicím sportovního aerobiku a nakonec tanečnicím baletu. [38]

Druhá studie zahrnovala skupinu 20 starších dospělých žen, provozujících 2x až 3x týdně aqua-aerobik nebo gymnastiku pro seniory nebo nenáročná posilovací cvičení. Studie se zaměřovala také na měření točivého momentu flexorů a extensorů kyčelního kloubu. Při úhlové rychlosti 120°/s máme tedy k dispozici porovnaní data z této studie. U extensorů i flexorů kyčelního kloubu byly vyšší hodnoty naměřeny u závodnic aerobiku s tím, že rozdíl u extensorů nebyl tak značný jako u flexorů. [6]

Na základě porovnání námi naměřených hodnot a následně jejich porovnání s profesionálními tanečnicí baletu a staršími dospělými ženami byla i hypotéza 2 – „*předpokládáme, že budou naměřeny vysoké hodnoty svalové síly*“ – potvrzena.

Když byly hodnoty točivého momentu porovnány se subjektivním hodnocením trenéra, nebyla zde nalezena souvislost ani u jedné úhlové rychlosti. Aby bylo toto srovnání co nejvíce objektivizováno, byly ke konfrontaci použity hodnoty točivého momentu vztažené k procentům tělesné váhy jednotlivců. Tato objektivizace výsledků byla provedena vzhledem k váhovým rozdílům měřených probandek, ovšem ani po této objektivizaci nebyl nalezen vztah mezi parametrem svalové síly a subjektivní známkou určenou trenérem.

Třetí hypotéza předpokládala u závodnic s vyšším kloubním rozsahem a celkovou zvýšenou pohyblivostí pohybového aparátu nižší parametry svalové síly. Za obecný fakt je považováno, že pokud má jedinec větší laxicitu svalové a vazivové tkáně, má to za následek sníženou reaktivitu svalových receptorů – Golgiho šlachového tělíska a svalového vřeténka, a kloubních receptorů. Golgiho šlachové tělísko funguje při natažení tkáně k určité mezi jako inhibitor, nedovolující tuto mez překročit, jelikož by mohlo dojít k mikrotraumatizaci tkání. Svalové vřeténko je aktivováno při natažení kontraktálních pólů, působícím na středový receptor, který je drážděn ke vzniku vzruchů a následně vzniká aktivita. Sval se skládá jak ze svalových vláken, tak z vláken vazivových. Vzhledem k charakteristickým vlastnostem vaziva u hypermobilních jedinců je možné, že bude potřeba sval natáhnout více, než u jedinců bez hypermobility, aby došlo k podráždění středového receptoru. Kloubní receptory slouží coby informátoři o dané poloze a rychlosti pohybu v kloubu. Receptory k pomalou adaptací fungují jako goniometr a ty s rychlou adaptací jako tachometr. U jedinců se zvýšenou kloubní

laxicitou by tedy teoreticky bylo potřeba uvést segment do většího úhlu pohybu, aby došlo k dostatečnému natažení kloubního pouzdra a tím se aktivovaly tyto receptory. Hypotéza 3 – „*předpokládáme, že u závodnic s vyšším kloubním rozsahem budou naměřeny nižší hodnoty svalové síly – točivého momentu*“ – se nepotvrdila. Závislost kloubní laxicity a parametrů svalové síly nebyla prokázána (jak v N.m, tak i v %BW – což je objektivnější hodnota vzhledem k této hypotéze). Stalo se tedy, že jedna probandka s číslem 9 s hodnotou Beightonova skóre 3, což není hypermobilita, měla výrazně nižší hodnotu točivého momentu (230 %BW), oproti probandce s číslem 7, s Beightonovým skóre 8 a výrazně vyšší hodnotou točivého momentu (328 %BW). Tyto výsledky mohou být ovlivněny malým počtem probandů ve skupině. Dalším ovlivňujícím faktorem by mohl být i způsob tréninku, který se snaží sjednotit výkony probandek do co možná nejpodobnějšího stavu, vliv může mít vynaložená snaha během tréninku a dále prováděné aktivity mimo tréninkový plán, které nám nejsou známy.

6.2 Diskuse k jednotlivým probandům

Proband 1 dosáhl hodnoty Beightonova testu 7, odpovídající hypermobilitě, točivý moment je také vysokých hodnot a byl hodnocen trenérem známkou 2.

Ačkoliv měl proband 2 nízké goniometrické hodnoty při extenzi kyčelního kloubu, stejně byl ohodnocen trenérem druhou nejvyšší známkou – 2. Hodnoty točivého momentu byly dostatečné a stejně tak dosažené Beightonovo skóre a zvýšený rozsah do flexe kyčelního kloubu.

Proband 3 má nejvyšší hodnoty goniometrického vyšetření do obou směrů sagitální roviny kyčelního kloubu a Beightonovo skóre odpovídá konstituční hypermobilitě. Zároveň splňuje vysoké hodnoty točivého momentu a byl ohodnocen trenérem nejvyšší možnou známkou – 1. Dle měřených parametrů se jedná o ideálního adepta pro tento sport.

Proband 4 byl trenérem ohodnocen nejvyšší známkou – 1. Jeho Beightonovo skóre odpovídá konstituční hypermobilitě a goniometrické rozsahy do flexe kyčelního kloubu jsou zvýšené. Zároveň má jeden z nejvyšších točivých momentů u extensorů kyčle.

Ačkoliv má proband 5 vysoké Beightonovo skóre – 8, pro sportovní aerobik dostačující goniometrické rozsahy kyčelního kloubu a relativně vysoké hodnoty

točivého momentu, byl trenérem ohodnocen známkou 3,5. Tato skutečnost může být odůvodněna faktem, že při subjektivním hodnocení trenéra byly brány v potaz obratnostní schopnosti a projev pohybu.

Proband 6 měl Beightonovo skóre 4, tedy první stupeň, kdy je pohybový aparát považován za konstitučně hypermobilní. I přes tento fakt a vyšší hodnoty točivého momentu mu trenérem byla udělena známka 3,5.

Proband 7 má Beightonovo skóre jedno z nejvyšších ve skupině i vysoké hodnoty točivého momentu. Přesto byl trenérem ohodnocen známkou 3,5.

Proband 8 měl Beightonovo skóre jedno z nejvyšších ve skupině, jeho hodnoty točivého momentu však nejsou z nejvyšších ve skupině. I z tohoto důvodu mohl být trenérem ohodnocen známkou 4,5.

Proband 9 byl jediný ze skupiny, který nedosáhl Beightonova skóre, odpovídajícího hypermobilitě. Ovšem goniometrické hodnoty flexe kyčelního kloubu odpovídají zvýšenému rozsahu dokonce o 22°. Přitom hodnoty točivého momentu jsou vysoké a trenérem byl ohodnocen známkou 3.

Proband 10 dosáhl hodnoty 7 Beightonova skóre, hodnoty točivého momentu patřily mezi nižší ze skupiny. Trenérem byl ohodnocen známkou 2,5.

6.3 Diskuse k využití výsledků v praxi fyzioterapeuta

Pokud se jedinec provozující gymnastický sport rozhodne vyhledat pomoc fyzioterapeuta, je naší úlohou přistupovat k jeho terapii celistvě a brát v potaz charakter prováděného sportu. Sportovec nás může oslovit v případě stavu po úraze, při obtížích pohybového aparátu, nebo z důvodů preventivních. Pokud se jedná o stav po úraze, je naším úkolem volit takové metody, aby se mohl sportovec navrátit plně do své aktivní formy, pokud je to možné. Problém ovšem nastává, pokud dojde k úrazu těsně před nebo během hlavní sezóny. Často je po nás požadováno expresní vyřešení problému tak, aby se mohl sportovec účastnit tréninkové přípravy a případně nastoupit k závodu, což bohužel není vždy možné, a pokud se závodník i přes naše doporučení rozhodne závodit, když jeho pohybový aparát ještě není připraven na tak velkou zátěž, znamená to pro závodníka samozřejmě další zvýšené riziko poškození pohybového aparátu.

Pokud se jedinec potýká s chronickými obtížemi pohybového aparátu ve smyslu funkce nebo třeba bolesti, je to pro nás příležitost ke zvolení vhodné terapie a zahájení kompenzačního programu na míru sportovce. Ideální situace nastává, pokud jsme seznámeni s anamnézou sportovce, s charakterem obtíží, měli jsme možnost sportovce vyšetřit a ještě máme možnost ho pozorovat při provádění sportovního výkonu. Pro rozklíčování příčiny obtíží je často právě pozorování při tréninkové či závodní činnosti zásadní. Pokud během vyšetření zjistíme, že je pacient konstitučně hypermobilní, což je velmi pravděpodobné, je nutné, abychom k němu také tak přistupovali. Měli bychom zvolit takové terapeutické metody, které zahrnují cviky k podpoření stabilizace, senzomotorických funkcí, a tyto metody ideálně zařadit do pohybového programu mimo ordinaci, do běžných denních činností a především pak do samotné sportovní aktivity. Pokusy o změny pohybových stereotypů je nejvhodnější zařadit v době mimo sezónu, vzhledem k tomu, že než si sportovec nový pohybový stereotyp osvojí, může se dočasně jeho výkon zhoršit, což se může negativně projevit na jeho sportovních výsledcích, a to samozřejmě může vést k negativnímu pohledu na kompenzaci jako takovou a demotivaci pro pokračování terapie. Pokud má ovšem sportovec obtíže pohybového aparátu spojené s vadnými pohybovými stereotypy, doporučovala bych zařadit terapii i během sezóny, protože zastávám názor, že je přednostně důležité snížit rizika dalšího poškozování pohybového aparátu, a to i za předpokladu dočasného zhoršení výsledků sportovce.

6.4 Diskuse k využití výsledků v tréninku

Tréninková příprava pro gymnastické sporty je fyzicky a časově velmi náročná, a proto je v praxi velmi složité do celkového tréninkového plánu ještě zařadit kompenzace. V poslední době se však, dobře pro sportovce, kompenzace zařazuje častěji, než tomu bylo v minulosti. Trenér, který se v průběhu své kariéry průběžně vzdělává, nebo trenér spolupracující s odborníky jiných oborů, je pro sportovce určitě větším přínosem než takový, který se touto problematikou až tak nezabývá. Kompenzační cvičení mohou být volena plošnou nebo individuální formou.

Pro plošný kompenzační program je nutné vycházet z charakteru daného sportu a z faktu, že každý sport se na pohybovém aparátu projevuje specificky; vzhledem k tomu, jak velké procento hypermobilních jedinců provozuje gymnastiku, měl by se kompenzační program také odvíjet od této skutečnosti. Mezi nejčastější obtíže

gymnastů se řadí bolesti a úrazy na DKK a v oblasti zad. U hypermobilních jedinců jsou to nejčastěji nestabilita, nárazové přetížení úponů šlach, vertebroalgický syndrom. Je tedy důležité, aby si byl trenér těchto skutečností vědom a na jejich základě byl vytvořen preventivní/kompenzační program, pro nějž je vhodná mezioborová spolupráce s lékařem nebo fyzioterapeutem. Přítomnost kompenzačního programu by měla být od samého počátku provádění daného sportu. Do programu pro gymnastické sporty je vhodné zařadit cviky stabilizační, cviky podporující senzomotorické funkce, posilující svaly s tendencí k ochabování, uvolňování svalů s tendencí k přetížení a protahování svalů s tendencí ke zkrácení. Vzhledem k četnosti zranění na DKK – hlavně u hlezen a kolen je doporučován kompenzační program zaměřený na stabilizaci DKK při skocích a hlavně dopadech, a to již v raném stadiu tréninku. [7] Konkrétně například u stabilizačních cvičení je ale velmi složitá volba obtížnosti provedení. Pokud je zvolena příliš velká obtížnost cviku a závodník není schopen provést ho správně, nedostaví se požadovaný výsledek. U stabilizačních cviků používaných plošně bych tedy doporučovala, začínat od co nejjednodušších variant a postupně obtížnost zvyšovat. Je zde velmi důležité, aby trenér, který vede kompenzační jednotku, věděl, jak přesně má být příslušný cvik proveden, a měl by být schopen rozklíčovat nesprávné provedení cviku. Dalším doporučením je trpělivost během kompenzačních cvičení; pokud se rozhodneme pro vyšší obtížnost stabilizačního cviku a pozorujeme, že závodník není schopen provést tento cvik ani od začátku správně, vrátíme se o úroveň níž a necháme závodníka ještě nějakou dobu kompenzovat pomocí jednoduššího cviku, kde třeba můžeme zvýšit počet opakování nebo čas výdrže, to vše ale samozřejmě za předpokladu správného provedení. Pokud by nebylo toto doporučení dodrženo, nedostaví se námi stanovené cíle. Závodník by měl být také při osvojování nových pohybových stereotypů seznámen s jejich principem a měl by se naučit tento stereotyp „procítit“, jen tak z něj bude moci plně těžit během svého výkonu. K plošné kompenzaci jsou vhodné prvky jógy, tai-chi, pilates a plavání.[3, 7]

Individuální kompenzace je samozřejmě časově náročnější než kompenzace plošná. Za velký přínos pro sportovce považují mezioborovou spolupráci. Tato spolupráce může být navázána například mezi trenérem, sportovcem, lékařem, sportovním psychologem, fyzioterapeutem, nutričním poradcem, masérem.

Důležité upozornění pro trenéry a sportovce se vztahuje taktéž k „expresnímu“ řešení již přítomných obtíží pohybového aparátu. Konkrétní příklad byl popsán v jedné

studii [31], kdy si gymnasté s akutními i chronickými bolestmi bederní oblasti nechávali injekčně aplikovat analgetika, aby mohli závodit. Tato činnost vede ke zvýšenému riziku dalšího poškození pohybového aparátu, proto by bylo záhodno od ní ustoupit a řešení pojmout jako kauzální, ne symptomatické.

6.5 Diskuse k použitým metodám

Pro měření kloubní pohyblivosti byla zvolena goniometrie. Výhodami této metody jsou její časová nenáročnost a snadná opakovatelnost a vybavení k ní tvoří pouze jednoduchý goniometr. Nevýhodou této metody je potřeba přítomnosti dvou terapeutů pro měření a rozličnost postupu v mezinárodním měřítku. Pokud však chceme tuto metodu zopakovat, je nutné dodržet předepsaný postup a hlavně použít stejnou polohu pro měření. [16]

K určení přítomnosti hypermobility bylo zvoleno Beightonovo skóre. Výhodou tohoto měření je jeho jednoduchost ve smyslu časové nenáročnosti, není k němu třeba žádného vybavení a je mezinárodně rozšířeno. Je to tedy běžně využívaná metoda, snadno porovnatelná s hojným počtem studií a rozličnými skupinami probandů, snadno opakovatelná. Pokud bychom potřebovali konkrétnější měření, volili bychom jiné metody měření, pro aplikaci v našem výzkumu ovšem byla tato dostačující. [43]

Měření na isokinetickém dynamometru se řadí mezi metody náročnější. Isokinetický dynamometr je přístroj využívaný v laboratoři. Je nepřenosný, vyžaduje hodně prostoru a je finančně velmi nákladný. Nastavení přístroje pro dané měření je složitější a měření je oproti výše zmíněným metodám časově náročnější. Nicméně jeho výhodou je možnost nastavení parametrů měření přesně na míru našich potřeb. Nabízí několik druhů módů – pasivní mód, isometrický mód, isotonický mód, isokinetický mód, mód her a mód pro měření polohocitu a pohybecitu. Je tedy využitelný nejen pro diagnostiku, ale také pro terapeutické účely. Počítačový program k němu je srozumitelný, a pokud je konkrétně popsán postup daného měření, je možné ho kdykoliv zopakovat. Pro naše potřeby byl využit isokinetický mód v přesně nastaveném rozsahu pohybu s rozsáhlým a detailním výstupním protokolem. [5]

7 ZÁVĚR

Na základě trendů při výběru sportovců pro gymnastické sporty, mezi které se mimo jiné řadí hypermobilita, jsme za cíl práce zvolili výzkum aspektů pohybového aparátu jedinců provádějících gymnastický sport – sportovní aerobik. Úkolem práce bylo zkoumat kloubní rozsahy kyčelního kloubu, přítomnost konstituční hypermobility, parametrů svalové síly – točivého momentu, a subjektivní hodnocení probandů trenérem. Tyto výsledky byly zpracovány do vztahů mezi sebou.

Goniometrické vyšetření kyčelního kloubu poukázalo na zvýšený kloubní rozsah u všech probandek do pasivní flexe, do pasivní extenze nebyl kloubní rozsah zvýšen. Tento výsledek byl odůvodněn především charakteristikou prvků prováděných ve sportovním aerobiku, kde jsou zvýšené nároky kloubního rozsahu do flexe kyčelního kloubu.

Dle Beightonova skóre, určujícího konstituční hypermobilitu, dosáhlo 90 % dostatečného skóre pro tuto klasifikaci, což se shodovalo s naším předpokladem a skutečností, že právě jedinci s touto vlastností pohybového aparátu tvoří vhodné adepty pro provádění tohoto sportu.

Výsledky měření svalové síly – točivého momentu jsme měli možnost porovnat s dalšími dvěma studiemi, zabývajícími se točivým momentem tanečníků baletu a staršími aktivními ženami, a opět se nám potvrdila stanovená hypotéza, která předpokládala vysoké hodnoty těchto parametrů.

Zajímavým zjištěním je skutečnost, jak se mění točivý moment v závislosti na prováděné úhlové rychlosti pohybu. Čím byl pohyb rychlejší, tím méně svalové síly bylo pro závodnice nutné vyvinout.

Poměr zapojení flexorů a extensorů se také s úhlovou rychlostí změnil. Při pomalejších úhlových rychlostech převažovala aktivita extensorů a se zvyšující se úhlovou rychlostí se dostávaly flexory do převahy. Tuto skutečnost jsme odůvodnili opět charakterem sportovního aerobiku, kde je převaha flexorového aparátu a vyšší úhlové rychlosti používané právě při praktickém provozování tohoto sportu.

Úhel při vyvinutí největšího točivého momentu se také měnil v závislosti na úhlové rychlosti. Čím byl pohyb rychlejší, tím byl úhel maximálního točivého momentu

blíže k výchozímu postavení v kyčelním kloubu, tato skutečnost platí jak pro flexory, tak pro extensory.

Vztah mezi naměřenými hodnotami a subjektivním hodnocením trenéra ani vztah naměřených parametrů kloubního rozsahu a konstituční hypermobility s parametry svalové síly nebyl prokázán. Možným důvodem je fakt, že počet měřených probandů byl nízký, výzkumu se účastnilo pouze 10 probandů. Tento vztah může být také ovlivněn dalšími aspekty, jako jsou vyvinutá snaha při tréninku, snaha o sjednocení výkonu všech probandek, případně aktivity prováděné mimo tréninkový plán, které nám nebyly známy.

Podle námi zjištěných závěrů by bylo vhodné tuto studii aplikovat na větší počet probandů a do studie zahrnout například i jiné věkové kategorie probandů a různé výkonnostní skupiny, nebo se zaměřit navíc na porovnávání a vyhodnocování parametrů sportovců z různých odvětví gymnastických sportů a různých sportovních klubů.

V souvislosti s výše pojednanou problematikou gymnastických sportů by také bylo účelné věnovat se výzkumu jedinců, kteří svou sportovní dráhu ukončili. Každý sport má velký vliv na pohybový aparát a každý sport je charakteristický něčím jiným. Je nesporné, že se u mnoha závodníků po ukončení kariéry projevují následky jejich sportovní aktivity. Rozšíření a prohloubení výzkumu rovněž na tento okruh problémů by mohlo významnou měrou přispět ke zlepšení kvality života právě pro ty jedince, kteří vstupují do nové životní etapy a potýkají se převážně s tělesnými obtížemi.

8 SEZNAM LITERATURY

1. ADIB, N., K. DAVIES, R. GRAHAME, P. WOO a K. J. MURRAY. Joint hypermobility syndrome in childhood. A not so benign multisystem disorder? *Rheumatology* [online]. 2005, **44**(6), 744-750 [cit. 2019-01-17]. DOI: 10.1093/rheumatology/keh557. ISSN 1462-0332. Dostupné z: <http://academic.oup.com/rheumatology/article/44/6/744/2899247/Joint-hypermobility-syndrome-in-childhood-A-not-so>.
2. ARMSTRONG, Ross a Matt GREIG. Original Research: The Beighton score as a predictor of Brighton criteria in sport and dance. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2018, **32**, 145-154 [cit. 2019-02-11]. DOI: 10.1016/j.ptsp.2018.04.016. ISSN 1466-853X.
3. BAEZA-VELASCO, Carolina, et al. Joint hypermobility and sport: a review of advantages and disadvantages. *Current sports medicine reports*, 2013, 12.5: 291-295.
4. BAGO, G.; HEDBÁVNY, P.; KALICHOVÁ, M. Talent selection for present conception of women sports gymnastics and practical verification of the test battery. *World Academy of Science, Engineering and Technology - International Journal of Medical Science and Engineering*, 2013, 7.10: 36-41.
5. BARTŮŇKOVÁ, Staša. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. 3., nezm. vyd. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2811-0.
6. BERTOLI, Josefina, Fernando DIEFENTHAELER, Eduardo LUSA CADORE, Bruno MONTEIRO DE MOURA a Cíntia DE LA ROCHA FREITAS. Original Research: The relation between force production at different hip angles and functional capacity in older women. *Journal of Bodywork* [online]. 2018 [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.1016/j.jbmt.2018.05.007. ISSN 1360-8592.
7. BRADSHAW, Elizabeth J. Performance and health concepts in artistic gymnastics. In: *ISBS-Conference Proceedings Archive*. 2010.
8. BUKVA, Bojan, Goran VRGOČ, Dejan M. MADIĆ, Goran SPORIŠ a Nebojša TRAJKOVIĆ. Correlation between hypermobility score and injury rate in artistic gymnastics. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* [online]. 2019, **59**(2) [cit. 2019-03-13]. DOI: 10.23736/S0022-

4707.18.08133-1. ISSN 0022-4707. Dostupné z:
<https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R40Y2019N02A0330>.

9. COMPUTER SPORTS MEDICINE, INC. (CSMI). *HUMAC®/NORM™ TESTING & REHABILITATION SYSTEM: User's Guide Model 770*. 4. United States, Massachusetts: Computer Sports Medicine, 2010, 242 s.
10. COMPUTER SPORTS MEDICINE, INC. (CSMI). *HUMAC2009®/NORM™ APLIKAČNÍ PROGRAM: Uživatelská příručka*. United States, Massachusetts: Computer Sports Medicine, 2009, 153 s.
11. COOPER, Dale J., Brigitte E. SCAMMELL, Mark E. BATT a Debbie PALMER. Development and validation of self-reported line drawings of the modified Beighton score for the assessment of generalised joint hypermobility. *BMC Medical Research Methodology* [online]. 2018, **18**(1) [cit. 2019-02-23]. DOI: 10.1186/s12874-017-0464-8. ISSN 1471-2288. Dostupné z: <https://bmcmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12874-017-0464-8>.
12. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustrovali Ivan HELEKAL, Jan KACVINSKÝ, Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3817-8.
13. DYLEVSKÝ, Ivan. *Dětský pohybový systém*. Olomouc: Poznání, 2012. ISBN 978-80-87419-18-2.
14. DYLEVSKÝ, Ivan. *Pohybový systém a zátěž*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-258-1.
15. ENGELBERT, R.H.H., M. VAN BERGEN, T. HENNEKEN, P.J.M. HELDERS a T. TAKKEN. Exercise Tolerance in Children and Adolescents With Musculoskeletal Pain in Joint Hypermobility and Joint Hypomobility Syndrome. *PEDIATRICS* [online]. 2006, **118**(3), e690-e696 [cit. 2019-02-19]. DOI: 10.1542/peds.2005-2219. ISSN 0031-4005. Dostupné z: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2005-2219>.
16. FISAF INTERNATIONAL. Prvky sportovního aerobiku: Dodatek č. 1: popis prvků obtížnosti. In: *Www.fisaf.cz* [online]. Praha: Český svaz aerobiku a fitness, 2018, 19.11.2018 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://fisaf.cz/dokumenty/>.
17. FISAF INTERNATIONAL. Soutěžní řád. In: *Www.fisaf.cz* [online]. Praha: Český svaz aerobiku a fitness, 2018, 19.11.2018 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://fisaf.cz/dokumenty/>.

18. GANNON, L. M. a H. A. BIRD. The quantification of joint laxity in dancers and gymnasts. *Journal of Sports Sciences* [online]. 1999, 17(9), 743-750 [cit. 2019-02-19]. DOI: 10.1080/026404199365605. ISSN 0264-0414. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/026404199365605>.
19. GEORGOPOULOS, N., et al. Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1999, 84.12: 4525-4530.
20. HALADOVÁ, Eva a Ludmila NECHVÁTALOVÁ. *Vyšetřovací metody hybného systému*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1997. ISBN 80-7013-237-X.
21. HANEWINKEL-VAN KLEEF, Yvonne B., et al. Motor performance in children with generalized hypermobility: the influence of muscle strength and exercise capacity. *Pediatric physical therapy*, 2009, 21.2: 194-200.
22. HASSMANNOVÁ, Kristina. *Nejčastější zranění pohybového aparátu u dětí mladšího školního věku, které se věnují vrcholově gymnastickému aerobiku, sportovní nebo moderní gymnastice*. Praha, 2018. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu. Vedoucí práce PhDr. Tereza Nováková.
23. HO CHANG, CHIH-HAO CHEN, TUNG-SUN HUANG a CHUN-YEN TAI. Development of an integrated digital hand grip dynamometer and norm of hand grip strength. *Bio-Medical Materials* [online]. 2015, 26, S611 [cit. 2018-01-05]. DOI: 10.3233/BME-151352. ISSN 0959-2989.
24. HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. *Memorix anatomie*. Praha: Triton, c2013. ISBN 978-80-7387-674-6.
25. HUMPHREY, James Harry. *Child development through sports*. New York: Haworth Press, c2003. ISBN 978-07890-1828-1.
26. CHRUDIMSKÝ, Jan a Michal ŠTEFFL. Selected characteristics of artistic gymnastics achievements and their diagnostics. *Studia sportiva*, 2011, 5.2: 29-36.
27. JANDA, Vladimír a Dagmar PAVLŮ. *Goniometrie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-7013-160-8.
28. JANDA, Vladimír. *Svalové funkční testy: kniha obsahuje 401 obrázků a 65 tabulek*. Praha: Grada, 2004. ISBN 978-80-247-0722-8.

29. JANDA, Vladimír. *Hypermobilita*. Doporučené postupy pro praktické lékaře, ČLS JEP, 2001.
30. JINDAL, Pranay, Amitesh NARAYAN, Sailakshami GANESAN a Joy C. MACDERMID. Muscle strength differences in healthy young adults with and without generalized joint hypermobility: a cross-sectional study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* [online]. 2016, **8**(1) [cit. 2019-02-19]. DOI: 10.1186/s13102-016-0037-x. ISSN 2052-1847. Dostupné z: <http://bmcsportsscimedrehabil.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13102-016-0037-x>.
31. KELLER, Marc S. Gymnastics injuries and imaging in children. *Pediatric Radiology* [online]. 2009, **39**(12), 1299-1306 [cit. 2019-03-13]. DOI: 10.1007/s00247-009-1431-2. ISSN 0301-0449. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00247-009-1431-2>.
32. KLÍMA, Jiří. *Pediatric pro nelékařské zdravotnické obory*. Praha: Grada Publishing, 2016. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-5014-9.
33. KOLÁŘ, Pavel; KOPŘIVA, Zdeněk. *Fyziologie hybnosti, relaxace a kompenzačních cvičení ve sportovní gymnastice*. Praha: Sportpropag, 1988.
34. KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-657-1.
35. KRIŠTOFIČ, Jaroslav. *Gymnastika*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1733-6.
36. KUČERA, Miroslav a Ivan DYLEVSKÝ. *Sportovní medicína*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-725-7.
37. KUČERA, Miroslav, Pavel KOLÁŘ a Ivan DYLEVSKÝ. *Dítě, sport a zdraví*. Praha: Galén, c2011. ISBN 978-80-7262-712-7.
38. KUSHNER, S., D. REID, L. SABOE a T. PENROSE. Isokinetic torque values of the hip in professional ballet dancers. *Clinical Journal of Sport Medicine* [online]. 1992, **2**(2), 114-120 [cit. 2019-02-25]. ISSN 1050-642X.
39. MACGREGOR, Janet. *Introduction to the anatomy and physiology of children*. New York: Routledge, 2000. ISBN 978-0-415-21508-4.
40. PASTUCHA, Dalibor. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4837-5.

41. PEATE, Ian a Elizabeth GORMLEY-FLEMING. *Fundamentals of children's anatomy and physiology: a textbook for nursing and healthcare students*. Malden, MA: John Wiley & Sons, 2015. ISBN 978-1-118-62502-6.
42. PERIČ, Tomáš. *Sportovní příprava dětí*. Nové, aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2012. Děti a sport. ISBN 978-80-247-4218-2.
43. SATRAPOVÁ, Lenka a Tereza NOVÁKOVÁ. Hypermobilita ve sportu. *Rehabilitation* [online]. 2012, **19**(4), 199-202 [cit. 2019-02-28]. ISSN 1211-2658.
44. SCHMIDT, Heidi, et al. Hypermobility in adolescent athletes: pain, functional ability, quality of life, and musculoskeletal injuries. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 2017, 47.10: 792-800.
45. SIMONS, David G. *Travell & Simons' myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual*. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, c1999. ISBN 978-0-683-08363-7.
46. SIMPSON, Michael R. Benign joint hypermobility syndrome: evaluation, diagnosis, and management. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 2006, 106.9: 531-536.
47. SŁOWIŃSKA, Iwona a Lidia RUTKOWSKA-SAK. Benign joint hypermobility syndrome. *Reumatologia/Rheumatology* [online]. 2014, **6**, 398-401 [cit. 2019-02-19]. DOI: 10.5114/reum.2014.47235. ISSN 0034-6233. Dostupné z: <http://www.termedia.pl/doi/10.5114/reum.2014.47235>.
48. STOŽICKÝ, František a Josef SÝKORA. *Základy dětského lékařství*. Vydání druhé. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 9788024629971.
49. TAYLOR-HAAS, Jeffery A., et al. Reduced hip strength is associated with increased hip motion during running in young adult and adolescent male long-distance runners. *International journal of sports physical therapy*, 2014, 9.4: 456.
50. VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (v Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.
51. WOLF JM, CAMERON KL a OWENS BD. Impact of joint laxity and hypermobility on the musculoskeletal system. *The Journal Of The American*

- Academy Of Orthopaedic Surgeons*[online]. 2011, **19**(8), 463-71 [cit. 2019-01-17]. ISSN 1067-151X.
52. ZAMPIER ULBRICH, Anderson. Physical fitness in children and adolescents in diferents maturacion stages. *Fitness & Performance Journal* [online]. 2007, **6**(5), 277-282 [cit. 2019-02-19]. DOI: 10.3900/fpj.6.5.277.e. ISSN 1676-5133. Dostupné z: <http://www.fpjjournal.org.br/doi/doi150en.htm>.
53. ŽIVANOVIĆ, Vladimir a Dragan BRANKOVIĆ. Gender Differences in Children Related to the Body Composition and Movement Coordination. *Croatian Journal Educational / Hrvatski Casopis za Odgoj I Obrazovanje* [online]. 2018, **20**(1), 173-198 [cit. 2019-01-15]. DOI: 10.15516/cje.v20i1.2604. ISSN 1848-5189.

9 PŘÍLOHY

Příloha č. 1 – Etická komise

Příloha č. 2 – Informovaný souhlas

Příloha č. 3 – Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Osifikace kostí ruky a předloktí [41]

Tabulka č. 2 – Ukončení osifikace jednotlivých kostí [14]

Tabulka č. 3 – Proband 1

Tabulka č. 4 – Proband 2

Tabulka č. 5 – Proband 3

Tabulka č. 6 – Proband 4

Tabulka č. 7 – Proband 5

Tabulka č. 8 – Proband 6

Tabulka č. 9 – Proband 7

Tabulka č. 10 – Proband 8

Tabulka č. 11 – Proband 9

Tabulka č. 12 – Proband 10

Tabulka č. 13 – Goniometrické vyšetření kloubního rozsahu v sagitální rovině ve stupních

Tabulka č. 14 – Beightonovo skóre

Tabulka č. 15 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=60^\circ/s$

Tabulka č. 16 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=120^\circ/s$

Tabulka č. 17 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=180^\circ/s$

Tabulka č. 18 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=240^\circ/s$

Tabulka č. 19 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=300^\circ/s$

Tabulka č. 20 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=400^\circ/s$

Tabulka č. 21 – Moment síly v úhlové rychlosti $\omega=500^\circ/s$

Tabulka č. 22 – Poměry zapojení flexorů a extensorů v různých úhlových rychlostech

Tabulka č. 23 – Porovnání hodnot točivého momentu tanečnic baletu, dospělých žen a závodnic sportovního aerobiku [6, 38]

Příloha č. 4 – Seznam grafů

Graf č. 1 – Úhel při největším točivém momentu – flexory

Graf č. 2 – Úhel při největším točivém momentu – extensory

Graf č. 3 – Točivý moment vs. hodnocení trenéra

Graf č. 4 – Točivý moment vs. kloubní rozsah

Graf č. 5 – Točivý moment vs. úhlová rychlost

Graf č. 6 – Poměr zapojení extenzorů a flexorů

Příloha č. 5 – Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Prsní klik s oporou o jednu horní a jednu dolní končetinu [16]

Obrázek č. 2 – Přednos v opoře snožmo [16]

Obrázek č. 3 – Vznos v opoře roznožmo [16]

Obrázek č. 4 – Váha oporem na jedné HK roznožmo [16]

Obrázek č. 5 – Front split [16]

Obrázek č. 6 – Straddle jump [16]

Obrázek č. 7 – Tomaro s otočkou o 360° [16]

Obrázek č. 8 – Needlepoint (vlevo) a standing front split [16]

Obrázek č. 9 – Supine front split [16]

Obrázek č. 10 – Goniometrie flexe [20]

Obrázek č. 11 – Goniometrie extenze [20]

Obrázek č. 12 – Beightonovo skóre – měření [51]

Obrázek č. 13 – CSMI CYBEX HUMAC NORM [9]

Obrázek č. 14 – Přednastavené programy [9]

Obrázek č. 15 – Výběr úhlové rychlosti [9]

Obrázek č. 16 – Poloha při měření CYBEX [9]

Obrázek č. 17 – Poloha při měření CYBEX [9]